Lane Medical Library

Der

# Electrotonus am Menschen.

INAUGURAL-DISSERTATION,

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

VORGELEGT DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

UND ÖFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

am 1. August 1868

VON

**Paul Samt**

aus Rogasen, Pr. Posen.

**OPPONENTEN:**

Oscar Schultze, Dr. med., pract. Arzt.
Friedrich v. Rabenau, Cand. med.
Max Sommerbrodt, Cand. med.

**BERLIN.**

BUCHDRUCKEREI VON GUSTAV LANGE.

Seinem hochgeschätzten Lehrer

Herrn

**Geheimrath Professor Dr. Griesinger**

in Verehrung und aus Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/derelectrotonusa0000paul

# Einleitung.

In der Nervenpathologie wurden electrische Ströme, galvanische und inducirte bisher nur nach zwei Richtungen hin angewandt, zu therapeutischen und zu diagnostisch-prognostischen Zwecken.

Hinsichtlich der therapeutischen Verwerthung führt eine auch nur oberflächliche Betrachtung zu dem frappanten Ergebniss, dass, obwohl von fast keinem therapeutischen Agens die physiologische Wirkungsweise auch nur annähernd mit solcher Gewissheit erforscht ist, wie die des electrischen Stromes auf Nerv und Muskel, doch kein Feld der Therapie in so mystisches Dunkel gehüllt ist, wie das der Electrotherapie. Hier herrscht nicht die Skeptik der modernen Therapie, die nothwendige Consequenz des Fortschrittes der physiologischen und pathologisch-anatomischen Forschung, hier ist die Vernunft der Phantasie erlegen. Unkenntniss oder Nichtachtung der von der Physiologie gegebenen Fundamentalsätze erlaubt hier der Einbildung masslose Ausschweifungen und schafft märchenhafte Resultate. Der constante Strom gilt immer noch als wahre Panacee, er waltet wunderbar. Nun ist der Wissenschaft nichts verhasster, als das Wunder, nichts für den nüchternen Verstand empörender, als die Zumuthung des Unglaublichen. Und die Electriseurs foltern den Verstand mit ihren widerwärtigen Wunderlichkeiten. Während doch sicher Niemand heute die Behauptung wagte, dass er z. B. mit Arnicatinctur eine nach einer Hirnblutung zurückgebliebene Hemiplegie geheilt habe, weil er wohl wüsste, dass diese Versicherung nicht nur mitleidiges Achselzucken hervorrufen könnte, sondern gradezu als Ausdruck gänzlicher Resignation auf wissenschaftliche Beurtheilung erscheinen müsse, so entblödet sich der neueste Autor über Electrotherapie nicht, mit einer gewissen Emphase die brillanten Erfolge der Sympathicusgalvanisation in der Resorptionsbeförderung von Hirnhaemorrhagien anzupreisen. Angesichts solcher Ungeheuerlichkeiten will ich versuchen, flüchtig den schneidenden Contrast zwischen den physiologischen Principien einer rationellen Electrotherapie und der absurden Doktrin der Electriseurs zu beleuchten. Aus der Diskussion wird resultiren, zu wessen Gunsten auch die Empirie entscheidet.

Für den inducirten Strom zunächst ergeben sich folgende Indicationen:

Bei allen Läsionen des Nervensystems, die eine Ausgleichung der Störung möglich scheinen lassen, seien sie central im Hirn oder Rückenmark oder betreffen sie einen peripheren Nervenstamm,[1]) ist die Faradisation der unterhalb (peripherwärts) der lädirten Stelle gelegenen Nervenbezirke geboten, sobald es gilt, die aus Unthätigkeit drohende Atrophie hintanzuhalten, damit sodann im Falle der Restitution des primären Heerdes der Innervationsvorgang ungehemmt zum Endapparat sich wieder fortpflanzen könne. — Diese Indication wird nur selten zu erfüllen sein, da eigentliche sekundäre Atrophien eben nicht häufig sind, wahrhafte Degenerationen durch electrische Reizung wohl nicht werden aufgehalten werden können.

Droht der consecutive Atrophirungsprosess auch über den Endapparat selbst hereinzubrechen, so ist auch hier faradische Reizung indicirt, sobald jener, wenn auch indirect, ihr zugänglich ist. — Selbstverständlich gilt dies bisher nur vom Muskel.

Ferner wird bei allen sogenannten genuinen Muskelatrophien in noch nicht weit vorgeschrittenen Stadien der inducirte Strom zu appliciren sein, so lange die contractile Muskelsubstanz auf faradische Nervenreizung überhaupt noch reagirt, da letztere die dem Willensreiz adäquateste ist[2]).

Endlich wird überall da, wo möglicherweise durch Reflex auf motorische Nerven eingewirkt werden kann — wenigstens ist ein gewisser Consens zwischen manchen sensibeln und motorischen Nerven höchst wahrscheinlich, so zwischen Quintusästen und den Nerven der Augenmuskeln — die Faradisation zu versuchen sein, aber nicht etwa einer geheimen spezifischen Action wegen, sondern weil sie sich als bequemstes Reizmittel sensibler Nerven ergiebt.

Hiermit scheinen die therapeutischen Leistungen des inducirten Stromes wohl im Wesentlichen erschöpft.

Da nun von Seiten der Herren Electriseurs der inducirte Strom fast nie besonderer Gunst sich zu erfreuen hatte, diese vielmehr stets mit einer unbegreiflichen Liebe am constanten Strome hingen, wurde jenem natürlich sein Wirkungskreis so karg als möglich zugeschnitten; ja, was man z. B. leicht und exact mit langsam auf einander folgenden, gleichgerichteten Inductionsschlägen verrichten konnte, wollte man doch lieber unexact mit dem constanten Strome versuchen, indem man ihn inconstant zum „labilen" machte, Daher steht für den inducirten Strom die theoretische Ableitung mit der practischen Verwerthung so ziemlich im Einklang.

Ganz anders für den constanten Strom.

Für ihn hat die wunderbare Logik der Galvaniseurs folgenden Grundsatz geschaffen: Der constante Strom wirkt auf den Ner-

---

[1]) Der Sympathicus wird hier absichtlich ausgeschlossen.
[2]) Cf. unten Muskelton.

ven, folglich ist er bei allen Nervenaffectionen indicirt. Hiezu fügen sie die Versicherung, dass er meist das vorzüglichste, wenn nicht einzige Heilmittel sei.

Dies ist wahrlich nicht Uebertreibung; sie galvanisiren, gleichgültig, welche Nervenaffection, sei sie sogenannter functioneller Natur, sei sie Entzündung, Atrophie oder Neubildung, selbst fertige Degeneration. Hätten die galvanischen Schwärmer nur einen nüchternen Augenblick, sie würden selbst sich ihrer Produktionen schämen. Oder fänden sie es nicht lächerlich, Squilla z. B. weil sie diuretisch wirkt, bei allen Nierenaffectionen anzuwenden? — Ob durch die Empfehlung Benedikts, den constanten Strom in homöopathischer Dosis zu verabreichen, d. h. möglichst schwache Ströme möglichst kurze Zeit zu appliciren, die Widersinnigkeit jenes Grundsatzes etwas gemildert oder gar noch gesteigert wird, vermag ich nicht zu entscheiden.

Ehe ich jedoch auf das völlig charlatanhafte Herumgalvanisiren an Hirn, Rückenmark und Sympathicus etwas näher eingehe, will ich für den constanten Strom, wie oben für den inducirten in Kurzem die auf physiologischen Daten basirenden Indicationen erörtern.

Reagirt bei peripheren, der Ausgleichung fähigen, Lähmungen der Muskel nicht mehr auf faradische Nervenreizung, beantwortet aber noch Oeffnung und Schliessung constanter Ketten auf dem Nerven mit Zuckung, so ist prophylaktisch die Erregung durch den constanten Strom geboten, damit nach Hinwegnahme des Hemmnisses der Leitung der Nerv an einem nicht geschwächten Apparate wieder angreife.

Kann vom Nerven aus nicht mehr Zuckung erzielt werden, ist der Muskel aber bei intramusculärer Galvanisation für Oeffnung und Schliessung noch empfindlich, dann ist diese einzuleiten.

Sinkt aber trotzdem die Muskelerregbarkeit, dann muss, so lange noch auf eine annähernd normale Zusammensetzung des Muskelinhalts geschlossen werden kann, der Versuch gemacht werden, durch constante Ströme, die man den Muskel in der Längsrichtung, am besten aufsteigend, durchfliessen lässt, die Erregbarkeit wieder zu heben.

Mit der Galvanisation ist so lange fortzufahren, bis von Neuem deutliche Reaction auf Inductionsschläge sich zeigt. Jetzt können diese wieder eintreten, falls die Erregbarkeit für die normalen physiologischen Reize noch nicht zurückgekehrt sein sollte.

Die hierüber allerdings noch nicht sehr reichlich gesammelten Erfahrungen sind diesen Sätzen günstig.

Bei pathologischen Erregungen einzelner motorischer oder sensibler Nerven, bei Convulsionen und Neuralgien, seien sie centralen oder peripheren Ursprungs, könnte durch Erzeugung eines sehr starken Anelectrotonus unterhalb (peripherwärts) der gereizten Stelle die Fortleitung der pathologischen Erregung gehemmt

werden.[3]) Hierzu ist nöthig, dass der Nerv vermöge seiner anatomischen Lage der Einwirkung des polarisirenden Stromes zugänglich ist. Erfahrungen hierüber sind noch nicht gesammelt.

Dass durch Polarisation des Rückenmarks in ihm ein so starker Anelectrotonus entwickelt werden könne, dass etwa eine tetanische Erregung des verlängerten Marks an ihm gleichsam brande, ist nicht zu erwarten.

Hier muss die rationelle Electrotherapie Halt machen.

Jetzt zur centralen und Sympathicus-Galvanisation.

Vor Allem sind hier die sogenannten functionellen Störungen von den palpabel anatomischen Läsionen streng zu scheiden. Bei den ersteren kann das Galvanisiren allenfalls noch zugegeben werden; man kennt eben nicht die ihnen zu Grunde liegenden materiellen Veränderungen des Nerven, nun, da ist es wohl noch zu verzeihen, wenn hier die Phantasie der Galvaniseurs, selbst durch negative Resultate unbeirrt, in den beliebten Extravaganzen sich ergeht. — Wenn sie freilich überlegten, dass der constante Strom nicht etwa als Wundergott die Nervengeister wecke, sondern in dem Nerven nur die electrotonischen Phasen erzeugt, dass bei der gedeckten Lage der Centralapparate jedenfalls nur sehr schwache Stromschleifen zu ihnen gelangen könnten, dass bei der Verflechtung der Fasern in den Centren der in den mittelbar erregten Nervenröhren ausgebildete sekundär electrotonische Zustand den primär electrotonischen vielleicht compensiren könne, dass, wenn dies auch nicht der Fall, die während der Polarisation umgelagerten Molekeln nach Unterbrechung des Stromes bald in die frühere Gleichgewichtslage zurückschnellen, dass also die Positionsänderung, wenn sie einmal die gestörte Function nicht beseitigt, später dies ebenso wenig werde leisten können — wenn sie überlegten, dass durch ein und dieselbe Einwirkung unmöglich die verschiedensten Hindernisse normaler Function beseitigt werden können — ferner, dass wenn der Sympathicus trotz seiner versteckten Lage polarisirt würde, es immerhin noch höchst zweifelhaft bliebe, ob eine Phase in irgend wie erheblicher Stärke an den lädirten Heerd käme und falls sie dahin käme, dort doch sicher nicht Wunder verrichten könnte — ja, wenn nur eines dieser Bedenken ihnen je aufgestiegen — aber sie überlegen eben nie.

Nun, so mögen sie im Trüben weiter fischen, mögen sie Epileptiker und Hysterische und Chorea galvanisiren; ihre Geduld ist wenigstens zu respectiren, und dann könnten sie hierbei in der That immer noch auf eine Spur von Möglichkeit recurriren, dass

---

[3]) Bei Neuralgien könnte der Anelectrotonus im günstigsten Falle wie eine Nervenresektion wirken, also keineswegs bei allen erfolgreich sein. Der obige Satz bedarf daher einer Einschränkung. Auch ist nicht zu vergessen, dass der Electrotonus der sensiblen Nerven weit complicirter ist als der der motorischen, dass daher die an Bewegungsnerven gefundenen Resultate nicht unmittelbar auf sensible übertragen werden dürfen.

doch einmal vielleicht die Galvanisation etwas nütze. Wenn also z. B. der Diabetes, wie man sich sehr klar auszudrücken beliebt, auf einer Alteration der Nutrition beruht, diese Alteration möglicherweise von einem „Leiden der trophischen Nerven“ herrührt, das seinerseits vielleicht von einer „Affection des Sympathicus“ abstammt, so könnte der Galvaniseur auf solche Deductionen hin erwarten — freilich kaum im Ernst, glaube ich — dass Sympathicusgalvanisation jene trophischen Nerven so modificire, dass aus der Alteration der Alteration grade die normale Function resultirte. — Wenn er den morbus Basedowi als „Functionsstörung des Halssympathicus“ betrachten will, so mag er den Sympathicus galvanisiren, eine Besserung scheint bei dieser Vermuthung nicht unmöglich.

Die Grenzen der Möglichkeit überschreite ich aber, sobald ich gegen eine palpabel anatomische Läsion mit dem galvanischen Strom zu Felde ziehe. So wie ich dem, der ein Neoplasma, einen Erweichungs- oder Blutheerd in seinem Hirn trägt, einen Strom durch den Schädel schicke, bin ich entweder Charlatan oder ich bekenne mit diesem Schritte eine immense Imbecillität, da ich absolut Unmögliches versuche. Denn mit demselben Rechte, mit dem ich einem Aphasiker den Strom an die Schläfen applicire, kann ich einem Periproktitiker die Electroden ins Rectum stopfen; hier hört der constante Strom auf specifisch erregend und modificirend auf das Nervenprincip zu wirken, hier soll er bald nutritive Processe regeln, bald formative stören, und natürlich immer so, dass die Norm herbeigeführt werde, ja er soll auch wirklich degenerirtes Gewebe wieder auffrischen. — Recht charakteristisch ist es nun für das Treiben der Herrn Galvaniseurs, dass sie eine Prüfung all dieser mystischen Actionen des Stromes auf Entzündung, Neubildung u. s. w. gar nicht für geboten halten. Wie leicht müsste es doch sein, diesen vermeintlichen Einfluss an einem sichtbaren Organe zu demonstriren! Aber die Charlatans fühlen sich mit ihrem Wundermittel in den obscuren Regionen des Nervensystems viel sicherer, als wenn sie es bei einer Dermatitis oder einem Hautcancroid versuchten. Allerdings giebt es auch Käuze, die rundweg behaupten, dass sie nach mehrtägiger Galvanisation eine carcinomatös entartete Drüse hätten resorbirt werden sehen; andere sind nicht so glücklich gewesen dies zu sehen; es scheint ihnen aber sehr möglich. — Fürwahr, man weiss nicht, ob man mehr über die Frechheit staunen soll, mit der solche Pfuscher ihre mangelhaften Beobachtungen zu publiciren nicht anstehen, ob man mehr über die Albernheit lachen soll, dass sie an Zaubereien zu glauben scheinen, oder ob man sie einfach der sauberen Bande der medicinischen Marktschreier zurechnet. — Concedirt man derartige Absurditäten, dann droht von Neuem über die moderne Therapie das alte Chaos confuser Anpreisungen von heilsamen Alterantien und Specificis hereinzubrechen, dann kann ebenso gut irgend ein in-

differentes Pflanzenextract wieder als Specificum gegen Carcinom empfohlen werden, denn fabeln lässt sich ja immerhin, dass ein Partikelchen desselben in den Kreislauf aufgenommen, hingeschwemmt werde zur wuchernden Zelle, dort tückisch eingedrungen in den Zellenleib, der Zelle feindlich gesinnt ihr Leben beende. Solche Zumuthungen bieten die Herrn Galvaniseurs und ihnen scheinen die Grundsätze ihrer Doctrin (venia sit verbis) so selbstverständlich, dass sie gar nicht des Beweises bedürfen; sie fühlen nicht, dass ihre Postulate Lästerungen der gesunden Vernunft sind.

Vielleicht aber machen sie physikalisch-chemische Momente geltend für die Vertheidigung der Galvanisation. Es handelte sich dann hauptsächlich um die electrolytische und kataphorische Wirkung des Stromes. Dass die bei der Electrolyse entstehenden Jonen jeden Prozess so modificiren sollten, dass die Norm daraus erwüchse, klingt mindestens märchenhaft. Was dann die kataphorische Wirkung betrifft, d. h. die mechanische Fortbewegung von Flüssigkeit im Sinne der positiven Elektricitätsströmung, so könnte hiedurch im allergünstigsten Falle direct bewirkt werden, was bei der Sympathicusgalvanisation vermittelst der vasomotorischen Nerven indirect möglich wäre, eine Vermehrung resp. Verminderung von Gewebsflüssigkeit. Nun wird wohl heute Niemand mehr das Wesen irgend eines nutritiven oder formativen Prozesses in in einem Plus oder Minus von Gewebsflüssigkeit suchen, sondern die Hauptaction doch den Zellen überweisen, seien es die praeexistirenden Parenchymzellen oder emigrirte farblose Blutzellen.

Zu alle dem kommt, dass die Galvanisation der Centren und des Sympathicus sicher verbürgte positive Resultate nicht aufzuweisen vermag.

Demnach komme ich zu dem Schluss: Dass die sogenannte centrale und Sympathicusgalvanisation zu verwerfen sind, da sie weder theoretisch noch empirisch durch irgend ein Argument gestützt werden.

Fast fürchte ich, dass die obigen für diesen Gegenstand zu weitläufigen Erörterungen ganz überflüssig seien, da in der That jeder, der die Sachlage mit nüchternen Augen betrachtet, leicht zu denselben Schlüssen kommt und sicher längst schon dahin gekommen ist, die Galvaniseurs aber von ihrer Schwärmerei schwerlich dadurch kurirt sein möchten. Ich glaube eher, dass es ihnen wie allen Fanatikern ergehen wird, dass wenn sie dies Räsonnement auf sich einwirken lassen, im Kampfe mit demselben die bisher vielleicht noch intact gebliebene minimale Quote gesunder Urtheilskraft von dem Wahne auch noch absorbirt werden könnte. Indess einmal muss die Unwahrheit enthüllt werden, und da ich annehmen musste, dass die Widerlegung der so leicht aufzudeckenden Irrthümer bisher nur deshalb unterblieben, weil es den rationellen Electrotherapeuten — wohl mit Recht — unwürdig erschien, gegen die jetzt wohl genugsam gekannten Herren anzu-

kämpfen, so habe ich das Geschäft übernommen. Eine Dissertation als Erstlingsarbeit schien noch der geeignetste Ort.

Für die Diagnostik leistet der electrische Strom nicht viel. Meist kann ohne seine Prüfung aus der Art der Ausbreitung leicht entschieden werden, ob eine Lähmung centralen oder peripheren Ursprungs sei. In seltenen Fällen mag durch ihn die Diagnose sichergestellt oder überhaupt erst ermöglicht werden, so könnte z. B. eine Differentialdiagnose zwischen einer sonderbaren Form einer hysterischen Lähmung und einer peripheren durch ihn gelöst werden u. s. w. Wichtiger ist er für die Prognose der peripheren Lähmungen, indem die Erfahrung gezeigt hat, dass im Allgemeinen mit abnehmender Reaction zunächst für inducirte Ströme, sodann für constante die Prognose stetig sich verschlimmert.

Dieses für den Strom anscheinend so unfruchtbare Gebiet ist aber durch eine Reihe schöner Arbeiten höchst interessant und wichtig geworden. Anknüpfend an die auffallende Differenz der Reaction gelähmter Nerven und Muskeln gegen inducirte und constante Ströme fand Neumann experimentell und Ziemssen bestätigte es, dass die Ursache jener Verschiedenheit in der physikalischen Differenz des intermittirenden und constanten Stromes liege. Sie präcisirten das Resultat ihrer Untersuchungen dahin, dass durch inducirte Ströme von nur momentaner Dauer gelähmte Nerven oft nicht mehr erregt würden, während die länger dauernden constanten noch Reizung erzielten. Der Unterschied in der Stromesdauer bildet demnach das differente physikalische Moment.

Ein gleiches Verhalten gegen inducirte und constante Ströme, wie in der Erregbarkeit gesunkene Nerven des Menschen, zeigen, wie ebenfalls Neumann ermittelte, ermüdete und absterbende Froschpräparate.

Neuerdings hat Brücke dieselbe Eigenthümlichkeit an curarisirten Fröschen gefunden. Vergiftete er einen Frosch, dessen einer Schenkel en masse unterbunden war, mit Curare, so wurden zur Erregung des vergifteten Beines stärkere Inductionsströme nöthig, als für das unvergiftete; gegen constante — beide Unterschenkel in gleicher Richtung durchfliessende — Ströme zeigten sie keine Differenz. Leitet man nun nach Brücke die Unempfindlichkeit gegen Inductionsströme von der Functionsunfähigkeit der Nerven her, so folgt, da bei curarisirten Thieren die Nerven bekanntlich auch auf constante Ströme nicht reagiren: erstens, dass die Muskelsubstanz für kurz dauernde Ströme überhaupt nicht empfindlich ist, ihre Erregbarkeit also die des Nerven nicht erreicht, eine Erscheinung, die bei dem Mangel eines deutlich electrotonischen Zustandes am Muskel nichts Befremdendes hat — zweitens — und dies ist auch pathologisch wichtig, dass bei erhaltener Reaction des Muskels für inducirte Ströme auf die Inte-

grität sämmtlicher intramusculärer Nervenendigungen geschlossen werden kann.

Jenes zweite oben schon angedeutete Resultat der electrischen Diagnostik, ich meine das verschiedene Verhalten der Nerven und Muskeln bei central und peripher bedingten Lähmungen, das mir seiner Consequenzen wegen von der höchsten Bedeutung scheint, ist bisher noch gar nicht diskutirt.

Das Factum lautet, dass bei Hirn- und Rückenmarkslähmungen, mögen sie der Rückbildung fähig oder unfähig sein, die Erregbarkeit der peripheren Nervenstämme, wenn nicht secundäre Degeneration in sie hinein sich fortgepflanzt hat, im Allgemeinen annähernd die normale bleibt, dass dagegen bei schweren peripheren, der Ausgleichung nicht fähigen Lähmungen und bei Continuitätstrennungen des Nerven die Erregbarkeit rasch abnimmt und allmählich ganz verschwindet.

Das differente Verhalten ist anatomisch begründet, es begreift sich leicht aus der Integrität der Nervenstämme bei centralem Sitze, aus der Degeneration bei peripherem und nach Durchschneidungen.

Im Wesentlichen bilden jene am Menschen sich darbietenden Erscheinungen nur eine Bestätigung des an Thieren von Valli, Ritter, v. Bezold, Rosenthal, Heidenhain, ermittelten Gesetzes, nach welchem bekanntlich die Erregbarkeit eines nicht mehr mit einem lebenden Centralorgan verbundenen Nerven zuerst beträchtlich zunimmt, dann aber bis zum Erlöschen sinkt, ein Vorgang, der an den dem Centrum näheren Nervenstrecken schneller verläuft, als in den entfernteren. Hiermit könnte die Angelegenheit als erledigt betrachtet werden. — Ich frage aber, warum persistirt die normale Structur eines central gelähmten Nerven, warum degenerirt der Nerv, wenn er vom Centralapparat getrennt wird? Der Grund der Differenz kann schlechterdings nur im Centrum liegen. So folgt mit Nothwendigkeit, dass die normale morphologische Constitution einer Nervenröhre und hiermit ihre normale Function nur so lange sich erhalten kann, als der Nerv mit einem lebenden Centrum verbunden ist. — Ob nun für jede Nervenröhre ein bestimmtes Ganglion als Centrum fungirt, ob es etwa dasjenige sei, in welches der Achsencylinder mündet, ob für Gruppen von Fasern ein Ganglion ausreicht, ob die einzelnen Centra vicariirend für einander eintreten können, all' diese Fragen lassen sich a priori begreiflich nicht entscheiden.

Ist aber etwas mit dieser Einsicht gewonnen? Nichts, antworte ich, gewonnen ist Nichts als die Kenntniss der Unkenntniss und die Pflicht einer experimentellen Erforschung. Was so klar schien, dass es gar nicht der Erörterung bedurfte, ist nunmehr völlig unklar. Oder kennt Jemand eine Erklärung? Mit Phrasen, dass das Ganglion gleichzeitig ein Ernährungscentrum sei, oder dass der Nerv continuirlich erregt sei und dass die uns als Erregung

frappirenden Phänomene nur Steigerungen oder Schwächungen dieser continuirlichen Erregung seien, mithin die Unterbrechung der continuirlichen Erregung das die Degeneration fördernde Moment sei, mit solchen Phrasen ist nichts erklärt. Denn was ist Erregung anders als Veränderung der Nervenmaterie, und wer zweifelt, dass mit Veränderung der Nervenmaterie Veränderung der Function verbunden sein müsse? Genug, wir kennen die Wirkung des Ganglion auf die Faser nicht, und sie wird uns so lange verborgen bleiben, bis wir eine physiologische und pathologische Nervenchemie haben werden.

Vollends unbegreiflich aber ist es, dass selbst das Verhalten des Muskels bisher gänzlich ignorirt oder doch wenigstens nicht in der Weise diskutirt wurde, wie es die Dignität des Gegenstandes gebietet. Abgesehen von den Muskelatrophien, die man als Folge der Erkrankung „trophischer Centra" anzusehen geneigt ist, ergiebt sich als fast ausnahmsloses Resultat, dass die Contractilität bei centralen Affectionen erhalten bleibt, dass sie nach ständigen Läsionen der peripheren Stämme zu Grunde geht. Auf Unthätigkeit kann dies nicht bezogen werden, denn die Contractilität eines schon mehrere Jahre absolut hemiplegischen Gliedes ist vorzüglicher, als sie nach Continuitätstrennungen eines Nerven etwa nach Wochen ist. Vielmehr führen diese Erscheinungen zu dem Schluss, dass der Degeneration des Nervenstammes die Degeneration des Muskels folgt. Könnte dies Factum nicht als schlagender Beweis gegen die Haller'sche Irritabilitätslehre angeführt werden? — Ich sehe ihre spärlichen, aber hartnäckigen Gegner sich freuen, dass sie nun endlich eine stricte Widerlegung gefunden, — bis jetzt hatten sie keinen einzigen strengen Gegenbeweis. Auffallend ist es, dass sie das Moment nicht längst schon zur Geltung gebracht. — Nun, man gönne ihnen die Freude. Die Muskelirritabilität ist einer der am meisten gesicherten physiologischen Lehrsätze Wenn von den vielen zu ihren Gunsten entscheidenden Gründen die Gegner nur den einen erwägten, dass die niederen contractilen Organismen, die der Nerven doch gänzlich entbehren, durch dieselben Reize zur Thätigkeit gebracht werden wie die Muskeln, dass für beide die Bedingungen der Erregbarkeit und des Absterbens völlig dieselben sind, so müssten sie sofort die Richtigkeit jener Lehre bekennen, falls ihnen das Dogma nicht höher stände, als die Wahrheit.

Indess muss der Untergang des Muskelrohrs doch irgendwie in der Degeneration des Nerven seinen Grund haben. Da bleibt denn nur eine Annahme, dem Nerven einen Einfluss auf den Stoffwechsel des Muskels zu concediren, wenn man also will, ihn trophisch wirken zu lassen. — Allein man glaube nicht, dass der Erkenntniss mit dieser Einsicht genügt sei. Wer hier Halt macht, nimmt den Anfang für das Ende, hier beginnt erst die Forschung. Welche Nerven die Function erfüllen, ob die motorischen selbst, ob

spezifisch trophische, in welchen Bahnen sie verlaufen, wo ihre Centra liegen, diese Fragen, die vorhin für den Nerven müssig erscheinen konnten, werden hier von ungeahnter Bedeutung. Denn die physiologische Muskelchemie ist jetzt so weit vorgeschritten, dass nun auch die Lösung der Frage, wie der Nerv auf den Chemismus des Muskels wirke, wohl nicht mehr zu den Unmöglichkeiten zählt. — So scheint denn endlich jene geheimnissvolle Action der Nerven auf den Stoffwechsel, die durch Nichts bisher direct erwiesen, doch ohne Scheu stets proclamirt wurde, weil sie fast als Nothwendigkeit sich ergab, durch den Muskel aus dem undurchdringlich tiefen Dunkel gerissen werden zu können, in dem sie bis heute jedes Angriffs der Forschung gespottet.

Doch mag es noch einen harten Kampf kosten, ehe das Räthsel völlig entziffert wird. Denn erinnert man sich, dass in dem ruhenden Muskel zunächst durch Bernard, dann durch Ludwig und Sczelkow eine beständige Kohlensäureausgabe und Sauerstoffaufnahme nachgewiesen ist, dass Durchschneidung des Muskelnervenstammes aber keinen Einfluss auf die Färbung des Muskelvenenblutes übt, so sollte man den Stoffwechsel wiederum für ganz unabhängig vom Nerven halten, wenn man nicht etwa auf die die Gefässe begleitenden vasomotorischen Nerven recurriren wollte. Ueberlegt man aber, dass Erb nach Nervendurchschneidung neben hochgradiger Atrophie und undeutlicher Querstreifung der Primitivmuskelröhren in dem Interstitialgewebe erhebliche Zellenanhäufung und Umbildung in derbes, welliges Bindegewebe beobachtet hat, so sollte man den Nerven nicht nur einen Einfluss auf nutritive, sondern auch auf formative Processe vindiciren.

Jedenfalls eröffnet sich hier ein zwar schwieriges, aber, wenn nicht Alles täuscht, äusserst fruchtbares Feld für die Untersuchung.

Es erübrigt jetzt noch eine Art der electrischen Untersuchung, bisher leider gar nicht cultivirt, aber unzweifelhaft die wichtigste für die Nervenpathologie, ich meine die Richtung, der unstreitig auch klinisch der erste Rang gebührt, die rein wissenschaftliche, pathologisch-physiologische.

In der That erstaunlich ist's, dass der Weg noch nicht betreten. Wer die Fortschritte der allgemeinen Nervenphysiologie bedenkt, wer zu würdigen versteht, dass vor Kurzem mit Hülfe der negativen Schwankung die „Wellenlänge der Nerventhätigkeit" hat gemessen werden können (Bernstein), dass also, adoptirt man die Hermann'sche Anschauung, kein chemischer Vorgang im ganzen Organismus in seinem zeitlichen Verlaufe so gekannt ist, wie nunmehr der Spaltungsvorgang im Nerven, der begreift nicht, wie bisher nicht einmal der Versuch gemacht ist, den Grundstein zu einer Disciplin zu legen, die doch berufen scheint, die Erkenntniss des Innervationsvorganges in hohem Grade zu fördern, eine allgemeine Nervenpathologie zu schaffen.

Die Nervenmaterie eines Epileptikers ist eine andere, wie die einer Hysterica, die Differenz der Materie kennen wir nicht, sie wird durch die differente Function bewiesen. Der Chemismus im Nervenrohre eines Epileptikers während des Innervationsvorganges muss demnach ein anderer sein, wie der bei einer Hysterischen. So lange wir aber die verschiedenen chemischen Producte nicht nachweisen können, müssen wir uns mit der Erforschung begnügen, wie sie bis heute möglich, um uns wenigstens eine Vorstellung über die Verschiedenheiten zu verschaffen. Das glaub' ich, können wir, und weil wir es können, müssen wir's, wenn anders es sich für uns um Erkenntniss handelt.

Das Studium ist begreiflich ein rein physiologisches, da es sich um Lebenserscheinungen handelt, man darf die Aufklärung nicht auf dem Obductionstisch erwarten. Freilich giebt es Anatomen, denen die Nervenpathologie eben deshalb sehr dürftig erscheint; oft finden sie nicht die geringste Abnormität, die sie mit dem Secirmesser darlegen oder auch nur mikroskopisch demonstriren könnten. Ja, das ist richtig. Wenn uns aber die Functionsstörung eines Leber- oder Nierenelementes ebenso bekannt wäre, wie die eines Nervenelementes, dann würden wir auch dort bei der anatomischen Untersuchung nichts finden, wir würden der Secretionszelle ihre Functionsstörung ebenso wenig ansehen, als der Nervenzelle. Es fällt uns dort nur nicht auf, weil wir's nicht suchen, und wir suchen's nicht, weil wir von den functionellen Störungen jener Gebilde gar keine Ahnung haben. Ich will zur Erläuterung ein ganz triviales Beispiel wählen, das der acuten Alkoholisation. Wie frappant sind die functionellen Störungen des Nervensystems; gar keine Ahnung haben wir von dem, was in der Leber- oder Nierenzelle vorgeht, auf die das Gift doch ebenfalls wirkt, weil es eben durch kein Symptom sich verräth. Es zeigt sich hierin nur die Ueberlegenheit des Nerven, begründet in der ihm eigenthümlichen Function.

Jede Aenderung der Nervenmaterie also verändert ihre Function, und die geringste Aenderung der Function wird uns bemerklich. Gleichwie wir aber dem Lichtstrahl, wenn er polarisirt ist, dem Conductor, wenn er electrisch geladen, dem Eisenstabe, wenn er magnetisch geworden, die Aenderung der Materie nicht ansehen, sondern diese nur aus der Function erschliessen und aus dem Studium der Function Gesetze formuliren, ebenso können wir dem Nerven die Aenderung seiner Materie nicht ansehen, aber wohl können wir die Function studiren und Gesetze suchen.

Doch wäre es illusorisch, alle Errungenschaften der modernen Nervenphysiologie bei der pathologischen Untersuchung verwerthen zu wollen. Leider versagen die wichtigsten ihren Dienst. Denn überlegt man, dass, selbst wenn durch Hinwegnahme der Oberhaut der Widerstand des Körpers vermindert wird, die bei willkürlichen tetanischen Contractionen der Extremitäten enstehende Stromes-

schwankung so unbedeutend ist, dass sie das physiologische Rheoskop nicht erregt, so wäre es mehr als phantastisch, etwa eine negative Schwankung des Nervenstromes zu erwarten. Das sicherste Reagens auf Nerventhätigkeit versagt also.

Allein es bleibt die Untersuchung der electrotonischen Erregbarkeitsänderungen, die bekanntlich ein ebenso feines Prüfungsmittel sind, als der Gang der Nadel am Multiplicator. Durch Prüfung der verschiedenen Phasen kann eine Vorstellung gewonnen werden über den Beweglichkeitsgrad der Nervenmolekeln, oder, um mit Hermann zu sprechen, über die Spaltungsgeschwindigkeit der Nervenmaterie.[4])

Es bleibt die Untersuchung der Leitungsgeschwindigkeit, ob sie beschleunigt, verlangsamt oder gehemmt ist. Diese, bisher nur an sensibeln Nerven ermittelt und hier mit grossen Schwierigkeiten verbunden, ist neuerdings von Helmholtz und Baxt auch an den motorischen Nerven des Menschen bestimmt worden und zwar einfach dadurch, dass der Unterschied des Latenzstadiums zweier von verschiedenen Puncten des Medianus ausgelösten Myographioncurven an der Daumenmuskulatur gemessen wurde.

Endlich bleibt eine Untersuchung, die zwar streng genommen nicht hieher gehört, die aber, falls sie Resultate giebt, wegen ihrer ganz enormen Bedeutung für die Pathologie wohl Erwähnung verdient, die Untersuchung des Muskeltons. Bekanntlich ist jede andauernde Muskelcontraction, wie sie meist im Körper vorkommt, als tetanische zu betrachten, d. h. als eine Reihe von Zuckungen, die durch eine Reihe schnell auf einander folgender Reize ausgelöst werden. Dies erhellt in evidenter Weise daraus, dass eine solche Contraction mit einer Reihe von negativen Stromesschwankungen verbunden ist, dass demnach ein mit dem Nerven auf den sich contrahirenden Muskel aufgelegtes Froschpräparat in secundären Tetanus geräth. — Dem entsprechend hört man an einem in Tetanus versetzten Muskel ein schwaches Geräusch, in welchem ein deutlicher Ton vorherrscht (Wollaston). Willkürlich tetanisirte Muskeln geben einen bestimmten Ton, 19,5 Schwingungen in der Sekunde, so dass also die von den motorischen Centren ausgehende Zahl der Reizung 19,5 in der Sekunde betragen muss (Helmholtz).

Nun scheint es a priori nicht unmöglich, dass mit verschiedenen Spannungszuständen der Centren die Zahl der Reizungen in einer bestimmten Zeit variiren wird. Dann würde, da die Schwingungszahl des Tones der Zahl der Reizungen entspricht, aus der Höhe des Tones auf den Spannungsgrad des Centrums geschlossen werden können.

Sollte sich die Erwartung bestätigen, so wäre ein scharfes Re-

---

[4]) Cf. unten Electrotonus am Menschen. — Das Zuckungsgesetz ist am Menschen noch nicht geprüft.

agens gefunden, der Muskelton wäre ein sicherer Tonometer der motorischen Centralapparate.

Ich glaube nun nicht erst bemerken zu müssen, dass es verkehrt wäre, die Untersuchungen nur an sogenannten Nervenkranken vorzunehmen, sie ist vielmehr zu instituiren, wo eine Nervenstörung sich zeigt. Ganz besonders wichtig scheinen in dieser Beziehung die acuten Krankheiten und unter ihnen die Intoxicationen und Infectionsprozesse. — Hier erwachsen die freudigsten Hoffnungen. — Jedermann ist bekannt, dass in ihnen das Nervensystem functionell gestört wird, dass ebenso der Muskelapparat getroffen wird und letzterer meist so empfindlich, dass es in ihm zu grob anatomischen Läsionen kommt. Der Prozess in den Muskeln verräth sich zuweilen schon während des Lebens. So weist die Harnanalyse bei Phosphorintoxication durch das Auftreten von Kreatin, Fleischmilchsäure u. s. w. in frappanter Weise einen gestörten „Myosinkreislauf“ im Muskel nach. Nun sind Anzeichen genug vorhanden, dass im Nerven- und Muskelrohre die Prozesse annähernd dieselben sind — für beide ist die Säuerung beim Absterben nachgewiesen,[5]) für Muskel- und Nervenstrom gelten dieselben Gesetze, beide zeigen während der Thätigkeit die negative Schwankung. Taucht jetzt nicht in Jedem die Vermuthung auf, dass bei jenen Affectionen im Nerven ein ähnlicher „Abnutzungs-Stoffwechsel“ sich vollziehe, wie im Muskel und dass diesem die Functionsstörung zugeschrieben werden müsse, und knüpft sich hieran nicht die Hoffnung, dass wir durch Prüfung der materiell veränderten Nerven mit allen uns zu Gebote stehenden Reagentien (electrotonische Erregbarkeitsänderungen, Leitungsgeschwindigkeit [Muskelton?], Zuckungsgesetz) vielleicht eine Vorstellung gewinnen können über das völlig dunkle chemische Geschehen im Nerven?

Da ferner die Functionsstörung eine andere ist beim Typhus, als bei der Septhaemie oder der Phosphorintoxication, eine andere bei Epilepsie, Tetanus, Hysterie etc., so könnten die Ergebnisse der Untersuchung sehr verschieden sein. Nimmt man nun noch hinzu, dass die Resultate der äusserst mangelhaften Untersuchungsmethoden am Menschen zum Theil durch exacte Experimente an Thieren controlirt und vervollständigt werden können, so, denke ich, muss Jedem die Ueberzeugung sich aufdrängen, dass durch diese Art der pathologischen Experimentation die Erkenntniss des Innervationsvorganges wesentlich gefördert werden müsse.

Mag man das aprioristische Raisonnement belächeln, mag man mich ähnlicher Phantastereien zeihen, wie ich sie oben an den Electriseurs gerügt, so viel steht fest, dass wenn auf diesem Wege der Forschung das scheinbar Unbedeutendste ermittelt wird, die biolo-

---

[5]) Ob Säuerung auch bei der Thätigkeit des Nerven auftritt, wie am Muskel, ist noch nicht entschieden.

gische Wissenschaft mehr gewinnt, als selbst durch die subtilste Casuistik über Hunderte von Hirntumoren.

Freilich liegt das Ziel noch in weiter Ferne. Eifrige, lange fortgesetzte Untersuchungen werden erforderlich sein, der Disciplin eine sichere Basis zu schaffen. Dann erst, wenn es gelungen sein wird, den veränderten „Spaltungsprocess“ im Nerven bei einer acuten Phosphorintoxication experimentell zu demonstriren, wenn wir — mit irgend welchen Reagentien — die Veränderungen eines Nervenstammes werden verfolgen können vom Augenblicke der halbseitigen Rückenmarksdurchschneidung bis zum Augenblicke des Ausbruchs des ersten epileptischen Insultes, — dann erst wird die allgemeine Nervenpathologie die Stufe erreicht haben, die die allgemeine Nervenphysiologie jetzt schon einnimmt.

---

In diesem Sinne habe ich die Untersuchung des Electrotonus am Menschen unternommen; ich wollte seine Phasen nach den verschiedensten Variabeln bestimmen. Leider habe ich die Versuche nicht lange fortführen können. Ich habe nur den extrapolaren absteigenden Anelectrotonus und Katelectrotonus studirt und auch diese nicht nach allen Variabeln, so dass ich selbst das Fragment nur fragmentarisch geben kann.

Die Versuche sind auf der Nervenklinik der hiesigen Charité angestellt. — Freudig erfülle ich die mir angenehme Pflicht, Herrn Geheimrath Griesinger für die Bereitwilligkeit, mit der er electrische Apparate und klinisches Material mir zur Disposition stellte, wie für das Interesse, mit dem er die Arbeit verfolgte, und mich immer von Neuem zur Arbeit anspornte, vor Allem aber für die seltene Güte, mit der er sich meiner, wo er nur konnte, stets annahm, hier den tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Nicht minder fühle ich mich dem Assistenzarzt der Nervenklinik, Herrn Dr. Julius Sander, für die freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit, wie für das während meines Famulates mir stets bewiesene Interesse zu innigem Danke verpflichtet. Von ihm ist mir auch das Thema empfohlen.

# Der Electrotonus.

Als du Bois-Reymond im Laufe seiner Untersuchungen über thierische Electricität den Nervenstrom aufgefunden und erkannt hatte, dass er denselben Gesetzen folge, wie der Muskelstrom, schritt er nunmehr, da er bereits wusste, dass der Muskelstrom beim Eintritt des Muskels in den thätigen Zustand die negative Stromesschwankung erfahre, zur Erforschung des jetzt sich nothwendig aufdrängenden Problems, wie wohl der Nervenstrom sich während der Thätigkeit des sogenannten Nervenprincips verhalte, ob also der Bewegungs- und Empfindungsvorgang im Nerven von einer Aenderung des Stromes begleitet sei.

Die bis dahin gewonnenen Resultate schienen seiner Ansicht, dass der Strom in einer wesentlichen Beziehung zu den Lebensäusserungen des Nerven und Muskels stände, durchaus nicht günstig, denn gerade die Identität des Gesetzes für Nerv- und Muskelstrom musste bei der so verschiedenen physiologischen Function beider Gebilde grosse Bedenken erwecken. Doch gelang es ihm bald, die Zweifel zu beseitigen. Im Electrotonus fand er eine dem Nervenstrom eigenthümliche Bewegungserscheinung.

Die Entdeckung des Electrotonus verdanken wir der übermässig vorsichtigen Experimentation des Forschers. Denn obgleich die Untersuchungsmethode für die etwaigen Aenderungen des Nervenstromes während der Thätigkeit völlig dieselbe war, wie für den Muskel, für den Muskel aber durch Controlversuche der Verdacht völlig getilgt war, als wenn die Schwankung der Nadel durch direkt in den Multiplicatorkreis hereinbrechende Stromesschleifen entstände, wagte er sich doch nicht eher an das Studium der Bewegungserscheinungen des Nervenstromes, bis er auch am Nerven vom Stillstande der Nadel während des Durchfliessens des constanten Stromes sich überzeugte.

Der constante Strom liess aber die Nadel nicht in Ruhe. Im Augenblicke, wo er den Kreis der Kette durch den Nerven schloss, erlitt der Strom des Nerven eine Aenderung seiner Grösse; regelmässig wurde er verstärkt (positive Phase des Electrotonus), wenn der constante Strom ihm gleichgerichtet war, geschwächt (negative Phase), wenn er die entgegengesetzte Richtung hatte. Zuwachs und Abnahme des ursprünglichen Nervenstromes sind aber nicht etwa der Ausdruck des Kräftezuwachses der Molekeln der in der positiven Phase begriffenen Nervenstrecke und des Kräfteverlustes der Molekeln in der negativen Phase, sondern man muss sich denken, dass ein Nerv, sobald eine beliebige Strecke seiner Länge von einem electrischen Strome durchflossen wird, abgesehen von seiner

gewöhnlichen Stromentwicklung auf der ganzen Länge im Sinne des „erregenden“ Stromes electromotorisch zu wirken anfängt.

Er fand ferner, dass positiver und negativer Zuwachs wachsen mit der Energie des Nerven, mit der Dichtigkeit des „polarisirenden“ Stromes, mit der Länge der unmittelbar durchflossenen Strecke, mit der Schiefe der Richtung, in welcher die Electroden gegen die Längsachse des Nerven angesetzt werden, dass sie abnehmen mit der Entfernung der „abgeleiteten“ von der „erregten“ Strecke.

Die Erscheinungen würden sich nach du Bois-Reymond erklären durch die Annahme der Zerfällung peripolarer Molekeln in dipolare und deren säulenartigen Anordnung durch den Strom.

In dem Nerven wird, wie in jedem andern feuchten Leiter, durch den Strom Electrolyse eingeleitet, und die Electrolyse der Molekelgruppen beginnt damit, dass sie in dipolare Molekeln zerfallen und dass diese sämmtlich ihre positiven Pole der negativen, ihre negativen der positiven Electrode zukehren. Nun müsste man sich noch denken, dass dieser Zustand mit abnehmender Stärke auch noch in die extrapolaren Strecken sich fortpflanzt. Electrotonus aber nannte Du Bois-Reymond den Zustand säulenartiger Polarisation dipolarer Molekeln, weil er ihn Faraday's electrotonischem Zustande der Materie sehr ähnlich findet. „Entsteht ein Strom in dem einen von zweien benachbarten Leitern, so ist dies Entstehen in dem andern von einem Inductionsstrome begleitet, nachher befindet sich der letztere im electrotonischen Zustande. Entsteht ein Strom in einem Kreise, in welchem ein Nerv eingeschaltet ist, so ist dies Entstehen von einer Erregung des Bewegung und Empfindung vermittelnden Vorganges begleitet, nachher befindet sich der Nerv säulenartig polarisirt, im electrotonischen Zustande. Nun öffnen wir beide Ketten. Im Leiter schwindet der electrotonische Zustand, im Nerven fallen die Molekeln aus der dipolaren in die natürliche Lage zurück, in dem ersten hat abermals ein Strom diese Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes begleitet, in dem Nerven eine neue Bewegung des sogenannten Nervenprinzips.“ Nachdem er sodann nochmals zur Evidenz gezeigt, dass die dem electrotonischen Zustande zugeschriebenen Erscheinungen nicht von dem Hereinbrechen des erregenden Stromes in den Multiplicatorkreis herrührten — unter den von ihm beigebrachten Beweisen seien hier nur folgende erwähnt: Das physikalische Experiment ergiebt, in Uebereinstimmung mit der Theorie, dass, wo zwei in sich geschlossene, sonst von einander isolirte Stromkreise durch einen Leiter von geringem Querschnitt mit einander verbunden werden, keine Spur von Strom aus dem einen Kreis in den andern übergeht, ferner zeigen sich die electrotonischen Veränderungen von der Leistungsfähigkeit des Nerven abhängig, endlich — und das ist von besonderer Wichtigkeit — Unterbindung und Durchschneidung hemmen die Fort-

pflanzung des Electrotonus, während sie die Leitungsverhältnisse des Nerven für den electrischen Strom annähernd unverändert lassen — so mussten die Erscheinungen des Electrotonus nothwendig als Function der durch den Strom veränderten Nervenmaterie betrachtet werden. Auf die Analogie des Electrotonus mit dem Vorgange der Innervation hinweisend, erhärtet er dessen hohe physiologische Bedeutung. „Es verdient bemerkt zu werden, dass dadurch die säulenartige Polarisation des Nerven als eine mit seiner besonderen Lebensthätigkeit, der Innervation in engem Verkehr stehende bezeichnet wird. Kein bekannter physikalischer Vorgang, denjenigen ausgenommen, der Bewegung und Empfindung vermittelt, wird am Nerven durch die Unterbindung und Durchschneidung in seinem Fortschritt aufgehalten. Zu diesen beiden muss nun ein dritter hinzugezählt werden, dessen Ausdruck der Zuwachs im electrotonischen Zustande ist.“

Nun waren lange schon Versuche bekannt, aus denen eine Erregbarkeitsänderung des Nerven durch den Strom erschlossen werden musste. Nobili hatte beobachtet, dass Froschpräparate, die ohne nachweisbare Ursache in Tetanus verfallen waren, sofort sich beruhigten, wenn durch sie ein electrischer Strom hindurchgeleitet wurde; über die Stromesrichtung spricht er sich nicht bestimmt aus. — Dieselbe Beobachtung machte später Matteucci. Zuerst behauptete er, dass die aufsteigende Stromesrichtung den Tetanus aufhebe, während die absteigende ihn vermehre, später schrieb er beiden Stromesrichtungen beruhigende Wirkungen zu. — Auch du Bois-Reymond sah gelegentlich beim aufsteigenden Strome dieselbe Erscheinung.

Trotzdem jetzt im Electrotonus „dieser bedeutsame Zug der Aehnlichkeit mit dem Vorgange der Innervation“ erkannt war, verstrich doch noch eine geraume Zeit, ehe der Einfluss des constanten Stromes auf die Erregbarkeit des Nerven nach allen Richtungen hin erforscht wurde. Dies ist erst von Pflüger geschehen, und mit dem glänzendsten Erfolge.

Allerdings waren vor ihm wichtige Thatsachen aufgefunden. Valentin zeigte zuerst in exacter Weise die lähmende Wirkung des galvanischen Stromes. Electrische Reizung des Ischiadicus blieb unter Umständen erfolglos, wenn der Nerv unterhalb der gereizten Stelle von einem constanten Strome durchflossen war. — Eckhard bestätigte diesen Satz auch für chemische und mechanische Reizung und fand eine Erhöhung der Erregbarkeit vor dem absteigenden Strome. — Allein Pflüger hat das grosse Verdienst, in dem Wirrwarr von Thatsachen, die — zum Theil im grellsten Widerspruch — aller gesetzmässigen Ordnung zu spotten schienen, man denke nur an das sogenannte Zuckungsgesetz, durch Prüfung der Abhängigkeit der Erregbarkeitsänderungen von verschiedenen Variabeln das Gesetz aufgedeckt und die fast absolute Identität dieses Gesetzes mit dem von Du Bois-Reymond

ermittelten für die electromotorischen Aenderungen des Nerven während des Durchflossenseins vom constanten Strome nachgewiesen zu haben.

Die Haupt-Resultate der Pflüger'schen Untersuchung über die Erregbarkeitsänderung durch den constanten Strom sind, kurz zusammengefasst, folgende:

Fliesst durch eine beliebige Nervenstrecke ein constanter Strom, so zerfällt der Nerv seiner ganzen Länge nach in zwei physiologisch verschiedene Abschnitte; auf dem einen (in der Nähe der negativen Electrode, intra- und extrapolar) ist die Erregbarkeit erhöht (Katelectrotonus), auf dem andern (in der Nähe der Anode) herabgesetzt (Anelectrotonus). Die Curve der veränderten Erregbarkeit schneidet die Abcisse zwischen den Electroden (Indifferenzpunkt), und zwar bei schwachen Strömen in der Nähe der Anode. — Der positive oder negative Zuckungszuwachs ist um so grösser, je länger die intrapolare Strecke ist, je näher der untersuchte Nervenabschnitt der polarisirenden Electrode liegt. Mit wachsender Stromstärke breitet sich der Electrotonus über grössere Längen des Nerven aus, wächst die Stärke des Kat- und Anelectrotonus, wandert der Indifferenzpunkt von der Anode zur Kathode fort. Der Indifferenzpunkt liegt ferner um so weiter vom positiven Pole entfernt, je länger der Strom gedauert hat. — Für den aufsteigenden extrapolaren Katelectrotonus tritt zwar mit wachsender Stromstärke eine Zeichenumkehr ein, die Erregbarkeit scheint also herabgesetzt; indess ist dies die Folge des durch den absteigenden intra- und extrapolaren Anelectrotonus gehemmten Leitungsvermögens.

Der Katelectrotonus entwickelt sich schneller als der Anelectrotonus, scheint auch steiler abzufallen.

Nach Oeffnung der Kette geht der Katelectrotonus rasch durch einen nur sehr kurze Zeit dauernden und nur nach schwachen Strömen leicht nachweisbaren Zustand negativer Modification in die länger dauernde positive Modification über, der Anelectrotonus wechselt direct mit positiver Modification.

Die electrotonischen Erregbarkeits- und electromotorische Zuwachse zeigen doch einige Differenzen.

Die positive Phase ist electromotorisch der negativen überlegen, eine Differenz in der Intensität des an- und katelectrotonischen Erregbarkeitszuwachses konnte Pflüger nicht demonstriren. Dagegen besteht der von Hermann früher urgirte Unterschied für den Anelectrotonus — langsam sich entwickelnder Erregbarkeits- und unmittelbar nach Kettenschluss ausgebildeter electromotorischer Zuwachs — nicht. Wie du Bois-Reymond neuerdings gefunden, wächst auch der electromotorische Ausdruck des Anelectrotonus allmälig an.

Die Nachwirkung der electrotonischen Stromzuwachse anlangend, so berichtet Fick für die extrapolaren Strecken von einem

unmittelbar nach der Oeffnung der polarisirenden Kette eintretenden Umschlag des Zuwachses in sein Gegentheil, diese Nachwirkung soll schon nach 2 Secunden verschwinden.

Hermann giebt als electrotonische Nachwirkung für intra- und extrapolare Strecken einen schwachen, dem polarisirenden entgegengesetzt gerichteten Strom an, ausgenommen ist die extrapolare katelectrotonisirte Strecke, in der der Nachstrom dem polarisirenden gleich gerichtet ist. Nach ihm soll der Nachstrom mehrere Minuten anhalten, beständig abnehmend.

Eine Erklärung der eben angeführten Erscheinungen giebt Pflüger in seiner Theorie der inneren Mechanik des Nerven.

Nach dieser haben wir uns einen Nervenquerschnitt nach folgendem Schema gebaut zu denken:

Molekelgruppen werden durch treibende Kräfte in einer beständigen Bewegungstendenz erhalten, die Bewegung kann aber nicht zur Ausführung kommen, weil hemmende Kräfte den treibenden entgegen wirken. Die Kräfte der „Molekularspannung" sind während der Ruhe denen der „Molekularhemmung" gleich. Jeder der Hemmungskraft ertheilte Zuwachs verstärkt um ein gleiches Quantum die Spannkraft. Denkt man sich nun, dass die Kräfte der Molekularhemmung in der anelectrotonischen Strecke vermehrt, in der katelectrotonischen herabgesetzt werden, so muss die „Molekularelasticität" am positiven Pole grösser, am negativen kleiner als im normalen Zustande werden. Mithin wird eine gleiche Kraftmenge am positiven Pole schwächer wirken, als am negativen, denn selbstverständlich üben zunehmende elastische Kräfte einen grösseren Widerstand. So erklärt sich die Erhöhung in der katelectrotonischen, die Herabsetzung in der anelectrotonischen Strecke.

Jene die Umsetzung der Spannkraft in lebendige Kraft verhindernde Hemmung bleibt nach der Einwirkung des Stromes geschwächt zurück, die verlorene Elasticität wird langsam durch den Stoffwechsel wieder ausgeglichen, darum die positive Modification mit ihrem allmäligen Abklingen zur Norm.

„Auf dem Bereiche des Katelectrotonus findet ein ungleich bedeutenderer Stoffverbrauch statt als im Bereiche des Anelectrotonus". Die kurzdauernde negative Modification ist also „ein wirklicher Mangel an Spannkraft, welcher aber viel rascher ausgeglichen wird, als die Schwäche der Molekularhemmung". Es folgt darum auch hier bald positive Modification.

Mit diesem abstracten Schema begnügte man sich bis in die neueste Zeit hinein. Der durch du Bois-Reymond's Entdeckungen geweckte Eifer, so fruchtbar für die allgemeine Nervenphysiologie, erkaltete allmälig. Fast schien es, als wenn durch die immensen Fortschritte die Geister erschöpft für die Forschung auf diesem Gebiete wieder gleichgültiger geworden wären, als wenn sie berauscht wären durch die allerdings ungeahnten Errungenschaften. Man hatte erkannt, dass das Nervenprincip, das ein

Johannes Müller noch als imponderables Fluidum mit unmessbarer Geschwindigkeit neben der Nervenmaterie hatte hinschleichen lassen, in der ponderabeln Nervenmaterie selbst sich fortbewege und mit einer sehr mässigen Geschwindigkeit, die eher an „das Abbrennen einer mit explodirender Mischung gefüllten Röhre“ erinnern musste, als etwa an die Elasticität des imponderabeln Aethers. Aber man dachte die Nervenmaterie sich zu schematisch und verstand unter Veränderungen der Nervenmaterie meist nur mechanische Bewegungen der Molekeln. Ja man vergass, dass die zur Deutung der gewonnenen Erfahrungen aufgestellten Hypothesen eigentlich nichts erklärten, sondern nur Versinnlichungen waren, Bilder für die Vorstellung, oder umgekehrt die Uebersetzung der beobachteten Phänomene in starre Abstractionen, und man vernachlässigte über dem Studium der Function das der Materie.

Erst vor Kurzem sind fast gleichzeitig zwei, ich möchte sagen, mehr auf materieller Basis fussende Hypothesen, eine physikalische und eine chemische, über das Wesen der Innervation aufgestellt, jene durch das Experiment gewonnen, diese durch Induction erschlossen.

Munk[6]) will „sämmtliche vorliegenden physiologischen Erfahrungen am durchströmten Nerven auf die physikalischen Veränderungen des Nerven zurückführen, unter der Annahme, dass die Erregung des Nerven nichts Anderes ist als Bewegung der Nervenflüssigkeit.“ Er beobachtete bei der Durchleitung eines constanten Stromes durch den Nerven eine Widerstandszunahme der intrapolaren Strecke in Folge ihrer stellenweisen Verarmung an Flüssigkeit. Der Querschnitt, in welchem der Strom in den Nerven eintritt, wird verringert, sattelförmig ausgehöhlt, das vor der negativen Zuleitungsröhre liegende Stück schwillt an. Die Widerstandszunahme nimmt mit der Lebensfähigkeit des Nerven zu u. s. w.[7]).

Ueber die Stichhaltigkeit der Annahme lässt sich jetzt nicht discutiren, denn die Ableitung der physiologischen Sätze hat er noch nicht gegeben, jedenfalls müsste ich die Entscheidung auch competenterem Urtheil überlassen. Aber die Annahme selbst scheint sehr sonderbar, weil sie schwer mit dem allgemeinen Gesetze thierischer Erregung sich vereinigen lässt. Nach diesem wirken bekanntlich nur plötzliche Aenderungen der Materie erregend. Sollte nun Nervenerregung mechanische Bewegung der Nervenflüssigkeit sein, so müsste die eigentlich solide Nervensubstanz, das Nervengerüst, nur ein indifferentes Stützwerk bilden, nur als complicirtes Röhrensystem für die Strömung der Nervenflüssigkeit fungiren. So indifferent dürfte das Gerüst wohl doch nicht sein. Aber nimmt man auch die Nervenfaser als eine nur

---

[6]) Das Werk ist noch nicht abgeschlossen.

[7]) Die extrapolaren Strecken sind noch nicht untersucht.

mit flüssigem Inhalt erfüllte Röhre an, so vermag die Vorstellung, dass die Erregung gewissermassen eine Wellenbewegung in der sonst indifferenten Nervenflüssigkeit hervorrufe, den Innervationsvorgang nicht im mindesten verständlich zu machen.

Nur die Erforschung des chemischen Geschehens kann uns Aufklärung schaffen, und darum ist die Hermann'sche Anschauung so verlockend.

Wie er für den Muskel eine während der Ruhe in beständiger langsamer Spaltung begriffene Substanz annimmt und in den Muskelreizen nur plötzlich beschleunigende Factoren des Spaltungsprozesses erkennt (Spaltung des „Inogen" in Fleischmilchsäure, Kohlensäure und gallertiges Myosin), denkt er sich auch im Nerven eine spaltungsfähige Substanz und sieht in der Nervenerregung nichts anderes als den Act der Beschleunigung des chemischen Prozesses. „Die Erregbarkeit einer Nervenstelle hängt ab von der Geschwindigkeit des Spaltungsprozesses in derselben" und das Pflüger'sche Gesetz für den Electrotonus wird leicht verständlich, wenn man den polarisirenden Strom in der katelectrotonischen Strecke die Spaltung beschleunigen, in der anelectrotonischen verlangsamen lässt. — Wie der Strom die Geschwindigkeit der Spaltungsprozesse modificire, ist allerdings eine noch offene Frage.

Wenn auch die Hermann'sche Theorie in ihrer jetzigen Fassung die electromotorischen Erscheinungen am Muskel und Nerven noch nicht sämmtlich erklären kann — so bietet bekanntlich der electromotorische Ausdruck des Anelectrotonus der Erklärung enorme Schwierigkeiten, und da nach Pflüger die Erregkarkeitsänderung mit dem electromotorischen Zuwachse des Electrotonus beinahe vollständig congruirt, könnte die Abhängigkeit der Erregbarkeit von der Geschwindigkeit des Spaltungsprocesses wieder dubiös werden, wenn diese Spaltungsprozesse selbst auch reine Hypothesen sind, die in der That etwas sehr Kühnes dadurch erhalten, dass sie gewissermassen die Anatomie perhorresciren, denn du Bois-Reymond bemerkt sehr richtig, dass man nach der Hermann'schen Anschauung Nerv- und Muskelrohr mit einer homogenen Masse gefüllt sich vorstellen müsste, sie ignorirt ja vollständig die Structur (Achsencylinder, Fleichprismen u. s. w.) — das chemische Princip in ihr bleibt richtig. Statt an die schematisch mechanischen Molekeln die chemische Action zu knüpfen und in der Erregung nur Bewegung dieser Molekeln zu sehen, erkennt er in der Muskel- und Nervensubstanz nur die chemischen Molekeln an, „wie sie durch Formeln veranschaulicht werden" und macht so alle „mechanischen Zwischenvorstellungen zwischen chemischem Prozess und physikalisch nachweisbarer Action unnöthig".

# Der Electrotonus am Menschen.

In der älteren Literatur des Galvanismus finden sich sichere Beobachtungen am Menschen über Aenderung der Nervenerregbarkeit während und nach der Stromesdauer nur bei Ritter. Als er den Säulenkreis einer ziemlich stark wirkenden galvanischen Batterie durch beide Arme geschlossen hatte, bemerkte er während der Durchströmung — er blieb eine halbe Stunde mit der Batterie in Verbindung — „eine immer grösser werdende Abnahme an Beweglichkeit in dem Finger, der Hand und dem Arm auf der Silberseite (negativer Pol)“ in den gleichnamigen Theilen auf der Zinkseite hingegen „eine deutlich und deutlicher werdende Zunahme an Beweglichkeit.“

Nach Pflüger ist dieses Ritter'sche Resultat in vollkommener Uebereinstimmung mit den von ihm aufgestellten Gesetzen. Denn „schliessen wir eine Kette durch beide Arme, so werden die Armnerven von ungleich dichteren Strömen durchflossen, als das Armgeflecht oder gar das Rückenmark mit seinen motorischen Wurzeln, weil hier der Querschnitt der Strombahn so ausserordentlich gross ist, dass wir im Allgemeinen die Stromesdichte für verschieden ansehen dürfen. . . . . Den absteigend durchflossenen Arm kann man sich daher so vorstellen, als ob die positive Electrode auf die Schulter, die negative auf die Hand aufgesetzt sei, die umgekehrte Vertheilung findet dann für den aufsteigend durchflossenen statt.“ Nun erzeugt Reizung oberhalb eines aufsteigenden Stromes (bis zu gewissen Grenzen der Stromstärke) stärkere Zuckungen als Reizung oberhalb eines absteigenden Stromes.

Das Ritter'sche Experiment wäre demnach nur eine Bestätigung des Pflüger'schen Gesetzes und „zwar in der eminent interessanten Form, dass hier das Sensorium selber einmal oberhalb einer positiven Electrode, dann oberhalb einer negativen, das Geschäft der Reizung übernimmt.“

Ebenso gut glaubt Pflüger die Ritter'schen Beobachtungen über die Modification der Erregbarkeit nach Oeffnung der Kette mit den Resultaten des phyologischen Experimentes am Froschischiadicus vereinigen zu können; Exaltation sah er nach absteigenden, Depression nach aufsteigenden Strömen, und zwar ist die Modification nicht auf die unmittelbar durchflossene Strecke allein beschränkt, sondern sie pflanzt sich durch den Nerven peripherwärts bis zum Muskel fort.

Aber trotz der frappanten Aehnlichkeit des Effectes am menschlichen Nerven und am Froschischiadicus ist fast ein ganzes Dezennium verstrichen, ehe ein ernster Versuch gemacht wurde, Pflüger's

classische Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus auch am Menschen zu verwerthen.

Remak, der das Pflüger'sche Gesetz des Electrotonus bereits kennt, spricht nur von Steigerungen der Erregbarkeit durch Einwirkung seiner sogenannten „labilen" Ströme, während er den „stabilen" eher eine erregbarkeitsvermindernde Potenz zuschreibt.

Später versuchte Fick nach der Pflüger'schen Methode Erscheinungen des Electrotonus am lebenden Menschen hervorzubringen. Er wollte den Ulnaris an der hinteren Seite des Condylus internus polarisiren, um den Anelectrotonus zu prüfen, aber es gelang ihm nicht. „Bei einer fast unerträglichen Stromstärke (10—14 Bunsen'sche El.) war keine Spur von Lähmung in den vom Ulnaris abhängigen Muskeln wahrzunehmen." Wie er glaubt, geben die Experimente am Menschen deshalb negative Resultate, weil wegen der grossen Schmerzhaftigkeit der Strom nicht so stark gewählt werden kann, dass hinlänglich starke Stromschleifen den Nerven durchfliessen.

Dass dieser Grund nicht stichhaltig ist, liegt auf der Hand. Denn wenn wir durch Reizung des Ulnaris Zuckung seines Muskelgebietes erzeugen können, um wie viel eher müssen sich Erscheinungen des Electrotonus an ihm kundgeben, da die Erregbarkeitsänderungen, ebenso wie die physikalischen Zeichen des Electrotonus bekanntlich ein viel feineres Prüfungsmittel sind, als die Zuckungen selbst. Pflüger konnte mit Strömen, die längst keine Spur einer Schliessungs- oder Oeffnungszuckung hervorbrachten, den Erregbarkeitszuwachs noch äusserst deutlich constatiren, und, wie ich später zeigen werde, gilt dieses ebenso für den Menschen.

Der erste, der sich ausführlicher mit der Electrotonusfrage am Menschen beschäftigte, war Eulenburg[8]) Er prüfte den extrapolaren absteigenden An- und Katelectrotonus und kam hierbei zu Resultaten, die mit den von Pflüger am Froschischiadicus gewonnenen im Wesentlichen übereinstimmten.

Untersucht wurden Accessorius, Medianus und Ulnaris am Vorderarm, Radialis, Peronaeus in der Kniekehle, meist gesunder Individuen, niemals erkrankte Nerven, und zwar nach folgender Methode:[9])

Als polarisirender Strom diente die Siemens-Halske'sche Zinkkupferbatterie (15—20 El.). Die Schliessungsdauer variirte von 2—5 Minuten. „Durch geeignete Vorrichtungen will er Schwankungen der Nadel am Galvanoskop während der Schliessungsdauer möglichst verhütet haben (?)— Die Grösse der polarisirenden Electroden, die Länge der intrapolaren Strecken sind

---

[8]) Ueber electrotonisirende Wirkung bei percutaner Anwendung des constanten Stromes A. Eulenburg. Deutsches Archiv für klinische Medizin III. 167 ff.

[9]) Ich will die Fehlerquellen seiner Methode, die zum Theil auch die Erb'schen Versuche treffen, lieber später im Zusammenhange besprechen.

nicht angegeben. — Gereizt wurde mit einem du Bois'schen Schlittenmagnetelectromotor, die kopfförmige negative Electrode ($^1/_4$'') sass dicht unterhalb der polarisirenden Electrode; an einer andern Stelle heisst es, möglichst nahe der Eintrittsstelle des Nerven in diejenigen Muskeln, deren Zuckung als Kriterium diente (?) — An der plattenförmigen positiven Electrode (3'') befand sich der Unterbrecher. Diese wurde constant auf das Sternum applicirt.

Die Erregbarkeitsänderung wurde durch Verschiebung der secundären Spirale gemessen.

Sobald das „Zuckungsminimum" bestimmt war, d. h. der Rollenabstand, bei dem der Nerv eben noch mit Zuckung antwortete, wurde „ein constanter Strom durch den Nerven geleitet."

Stets zeigte sich nun Erhöhung der Erregbarkeit in der katelectrotonischen, Herabsetzung in der anelectrotonischen Strecke.

Der positive Erregbarkeitszuwachs im Katelectrotonus betrug 12—13 Mm., der negative im Anelectrotonus 16—29 Mm. — Beide nahmen im Allgemeinen mit der Stärke des Stromes und der Länge der Schliessungsdauer zu.

„Sodann wurde die Kette geöffnet". Es folgte ein allmähliches zur Ausgleichung tendirendes Absinken, wobei jedoch die Erregbarkeit immer noch in der nächsten Zeit absolut erhöht oder vermindert blieb, kein plötzliches Verschwinden, noch weniger eine Umkehr in entgegengesetzter Richtung. Diese Differenzen der Modification der menschlichen Nerven und des Froschischiadiacus glaubt Eulenburg ohne Schwierigkeit erklären zu können. Die Erklärungen sind indess sehr mangelhaft trotz der Verkehrung von Facten.

Im physiologischen Experiment folgt dem Verschwinden des Anelectrotonus sofort positive Modification, am Menschen fand er eine allmähliche Abnahme des negativen Erregbarkeitszuwachses, die nach seiner Versicherung übrigens „ziemlich rasch" sich vollziehen soll. Dafür giebt er nun keinen numerischen Beleg in seiner Arbeit, vielmehr zeigt die einzige numerisch ausgedrückte Modification gerade das Gegentheil. Unmittelbar nach Oeffnung der constanten Kette (Accessorius, aufst. Str., Zuckungsminimum vor der Polarisation 83 Mm., im Anelectrotonus 60 Mm.) steigt das Z. M. auf 64 und in rascher Folge auf 66, 67 und 69 — „während jedoch bei 83 und den nächst höheren Stromgraden noch längere Zeit jede Reaction ausblieb." Aber mag der negative Zuwachs rasch oder langsam schwinden, die sonderbare Differenz bleibt unerklärt, trotz eines andern noch beigebrachten Momentes, von dem er eigentlich wieder das Gegentheil hätte aussagen müssen. Er behauptet nämlich, dass der Anelectrotonus beim Menschen „eine im Verhältniss zum experimentellen Maximum relativ nur unbedeutende Höhe erreiche." Seine Versuche widerlegen

aber die Behauptung, denn das Maximum des anelectrotonischen Zuwachses übersteigt das des katelectrotonischen um mehr als das Doppelte (— 29 Mm. und + 13 Mm.) — De facto ist der Anelectrotonus aber noch stärker, weil der negative Zuwachs zum Theil durch den positiven des Inductionsstromes verdeckt wird (cf. unten meine Versuche). Noch frappanter ist die Differenz für die Modification des Katelectrotonus. Am Froschischiadicus geht der Katelectrotonus mit der Oeffnung der Kette rasch durch eine nur kurze Zeit dauernde negative Modification in die länger dauernde positive über. Mit zunehmender Stromstärke nimmt die negative Modification rasch ab und Pflüger konnte die Gesetzmässigkeit dieses Zustandes nur durch den Kunstgriff erweisen, dass er im Augenblick der Unterbrechung des modificirenden Stromes den Hammer seines eclectromagnetischen Fallapparates herabfallen liess. Nach Eulenburg folgt dem Katelectrotonus ein allmähliches Abklingen des positiven Zuwachses, nur in wenigen Fällen will er — aber gerade nach längerer Schliessungsdauer und grösserer Stärke des Katelectrotonus — eine Herabsetzung der Erregbarkeit im Augenblicke der Oeffnung der modificirenden Kette beobachtet haben. Ob der Zuwachs negativ wurde, führt er nicht an. — Die Modification des Katelectrotonus am Menschen verhielte sich also gerade umgekehrt wie die des Froschischiadicus.

Er sieht daher schliesslich die Erklärung in dem bis jetzt noch unerklärlichen Einflusse der „ungeschwächten Ernährung und centralen Innervation auf den Electrotonus beim Menschen."

Zu diametral entgegengesetzten Resultaten kam Erb.[10]) Zu seinen Versuchen diente meist der Ulnaris am Oberarm, jedoch prüfte er auch den Accessorius, Medianus und Ulnaris am Vorderarm).

Den polarisirenden Strom lieferte eine Stöhrer'sche Zinkkohlenbatterie (8—20 El.). Die polarisirenden Electroden waren quadratische Messingplatten mit Schwammüberzug von 4 Cm. Seitenlänge. Beide Electroden wurden in einer Entfernung von 10—12 Cm. am Oberarm aufgesetzt, die untere etwa 3—4 Cm. vom Condyl. intern. entfernt. Die Erregung geschah durch einen mit 2 Bunsen getriebenen Du-Bois'schen Schlitten, und zwar reizte er sowohl mit tetanisirenden Strömen der secundären Spirale, als auch mit einzelnen Oeffnungsschlägen und bei wechselder Stromesrichtung der Inductionsschläge. Die feinere knopfförmige Electrode befand sich zwischen Condyl. intern. und der unteren polarisirenden Electrode. Die grössere plattenförmige setzte er zuerst ebenfalls auf das Sternum, um ganz nach dem Eulenburg'schen Schema zu experimentiren. Als er sich aber überzeugte, dass bei diesem Arrangement beträchtliche Stromschleifen des inducirten Stromes

[10]) Erb. Ueber electrotonische Erscheinungen am lebenden Menschen. Deutsch. Archiv für klin. Mediz. III 513 ff.

durch den polarisirenden gingen, brachte er sie auf den Vorderarm, dann aber vereinigte er die kleinen, knopfförmigen, erregenden Electroden in einer Entfernung von 1—1½ Cm. unbeweglich mit einander und setzte sie beide auf den Nerven in der Nähe der unteren polarisirenden Electrode.

Die Erregbarkeitsänderung während der Polarisation wurde ebenfalls durch Messung der Zuckungsminima bestimmt, ausserdem durch die sichtbare und fühlbare Aenderung der Zuckungsgrösse bei demselben Rollenabstande.

Constant erhielt er bei dieser Versuchsanordnung: Herabsetzung im katelectrotonischen Bezirk, Erhöhung im anelectrotonischen, sowohl auf der peripheren extra- als intrapolaren Strecke. Mit prolongirter Schliessungsdauer, mit wachsender Stromstärke, mit zunehmender Länge der intrapolaren Strecke stieg im Allgemeinen der Erregbarkeitszuwachs. Der positive Zuwachs in der anelectrotonischen Strecke variirte von 5—11 Mm., der negative Zuwachs in der katelectrotonischen von 5—14 Mm.

Auf die Modification nahm er keine Rücksicht.

Anfangs vermuthete Erb den Grund der Differenz mit den physiologischen Ergebnissen in der Qualität der Inductionsströme, in der steilen Abgleichungscurve derselben (Valentin), oder im Zusammenhange mit dem lebenden Centrum und den dadurch vielleicht bedingten Aenderungen im electrischen Verhalten des lebenden Nerven. Doch wagte er kein entscheidendes Urtheil. Später gab er folgende Erklärung: Wegen der Umgebung des Nerven mit gutleitendem Gewebe nimmt die Stromdichtigkeit mit der Entfernung von den Electroden so rasch ab, dass sie schon in geringer Entfernung als wirkungslos für den Nerven betrachtet werden kann. Man kann daher ohne Fehler unweit des positiven Poles den negativen sich denken, denn die Stromdichtigkeit ist dort so gering, dass man annehmen kann, der Strom trete hier schon aus dem Nerven aus, und unweit des negativen Poles den positiven. Man wird daher in der Nähe der Anode Erscheinungen des normalen Katelectrotonus, in der Nähe der Kathode Erscheinungen des normalen Anelectrotonus beobachten müssen.

Und in der That fand er Erhöhung im katelectrotonischen, Herabsetzung im anelectrotonischen Bezirke, wenn er den Reiz an der Stelle der grössten Stromdichtigkeit innerhalb des Rayons der polarisirenden Electroden selbst applicirte. Zu dem Ende wurde die erregende Electrode durch eine in die plattenförmige polarisirende Messingelectrode eingekittete Glasröhre geführt. Hierbei ergaben sich auch etwas grössere Werthe für den Erregbarkeitszuwachs, im Katelectrotonus Steigerungen um 12—30 Mm., im Anelectrotonus Erniedrigung um 20—36 Mm.

Eine Prüfung der Modification wurde auch jetzt nicht unternommen.

So scheint denn für Erb die „wünschenswerthe Uebereinstimmung“ mit den physiologischen Thatsachen hergestellt zu sein und er ist geneigt, die anfänglichen Differenzen mit den Resultaten Eulenburg's auf geringe Verschiedenheiten der Methoden zurückzuführen.

Mir scheint indess die Electrotonusfrage am Menschen hierdurch keineswegs erledigt. Ich komme auf die Discussion der obigen Erklärung später zurück, denn auch ich habe ziemlich oft die paradoxen Phasen erhalten, finde aber die gegebene Deutung durchaus nicht genügend.

Ich glaube, Erb selbst würde seine Erklärung für ungenügend haben halten müssen, wenn er sich seiner früheren Versuche erinnert hätte. Er fand ja bei einer Anzahl von Versuchen über den Anelectrotonus nach der ersten Methode, dass mit längerer Dauer der Schliessung eine Depression der Erregbarkeit im Allgemeinen in der Nähe der Anode eintrat, „so dass die zur Erzeugung der Zukkungsminima nöthige Stromstärke sowohl während der Polarisation als auch nach derselben bedeutender wurde“ . . . . Zwar soll „die Erregbarkeit in der Zeit während der Polarisation noch immer erhöht geblieben sein, gegenüber den vorhergehenden und nachfolgenden Zeitabschnitten.“ Wer aber folgenden Versuch liest: (Prüfung des Anelectrotonus. aufst. Str. 10 El. Z. M. vor der Polarisation 30 Mm. — Polaris. Str. geschlossen 40 Mm. wieder geöffnet 24 Mm., geschlossen 32 Mm. geöffnet 22 Mm.) sagt gewiss, er solle nur weiter schliessen, da der Anelectrotonus bekanntlich langsam ansteige, müsse er abwarten, dann würde er schon eine deutlich anelectrotonische Herabsetzung sehen. Aber wie dem auch sei, ihm selbst „scheint diese Thatsache doch für eine deprimirende Wirkung der Anode zu sprechen.“ Wie wäre dies aber denkbar, wenn in der Nähe der Anode nach seiner Erklärung normaler Katelectrotonus sein sollte? Ich muss Erb die Lösung des Widerspruchs überlassen.

Mir kommt es nicht sowohl auf die wünschenswerthe Uebereinstimmung mit den am herauspräparirten Froschischiadicus ermittelten Thatsachen an, als auf die physiologische Erkenntniss. Deshalb nehme ich die Facta, wie sie sich präsentiren. Ergeben sich am menschlichen Nerven Differenzen mit dem Froschischiadicus, so dürfen diese nicht verschwiegen werden, sondern die Bedingungen sind zu erforschen, durch welche sie entstehen. Hiermit, glaube ich, muss die Wissenschaft mehr gefördert werden, als wenn man seine Resultate nach schematischen Formeln zuschneidet.

Ich komme jetzt zu meinen Versuchen.

Sie wurden sämmtlich am Medianus und Ulnaris am Oberarm angestellt. Diese Nerven liegen in genügender Ausdehnung unmittelbar unter der Haut, sie lassen sich ziemlich sicher gegen den Humerus fixiren, ihre Projectionslinien sind annähernd gerade.

Die von Eulenburg gefürchteten Pronationsbewegungen bei

Reizung des Medianus treten fast nie ein, wenn man ihn etwas hoch oberhalb der Ellenbeuge (7—10 Cm.) mit minimalen eben Zuckung gebenden Stromstärken reizt. Es contrahiren sich dann meist nur die Flexoren und besonders die der Finger.[11])

Der von Eulenburg empfohlene äussere Ast des Accessorius bietet den nicht unerheblichen Vortheil, unterhalb der Austrittsstelle aus dem Sternocl. mstd. gereizt nur eine Muskelcontraction auszulösen, die des Cucullaris. Allein die Accessoriusstrecke zwischen Sternocl. mstd. und Cucullaris ist nur bei wenigen Individuen hinreichend lang, ihre Projectionslinie wird selten eine gerade, sie hat nicht sichere Stützpunkte, gegen die sie comprimirt werden kann und verschiebt sich darum sehr leicht.

Die Nervenverschiebung kann aber zu den gröbsten Irrthümern führen. — Der Rollenabstand, bei dem eben noch Zukkung erfolgte, wenn der Nerv dicht unter der reizenden Electrode lag, wird sich natürlich ändern müssen, so wie der Nerv sich etwas von der Electrode entfernt. Und da bisher auf die Anwesenheit des Kat- oder Anelectrotonus ohne Weiteres aus dem Plus oder Minus einiger Mm. im Abstande beider Spiralen geschlossen wurde, so wird die Verschiebung — vorausgesetzt, dass das vor der Polarisation gefundene Contractions-Minimum der genauen Deckung des Nerven durch die Electrode entspricht — immer einen Anelectrotonus vortäuschen. — Die Nervenverschiebung ist eine sehr bedeutende Fehlerquelle. Wer sie gar nicht beachtet, wird schweren Täuschungen verfallen müssen, aber selbst bei der sorgfältigsten Experimentation kann sie nicht immer gänzlich vermieden werden.

Ich sehe ab von der durch Bewegung des Versuchsobjectes hervorgebrachten Verschiebung; diese kann unterdrückt werden und ist gewiss auch von Eulenburg und Erb nicht vernachlässigt, wenngleich sie ihrer direct nicht erwähnen. Diese Vorsicht ist zu selbstverständlich.

Aus diesem Grunde ist auch die Aufzeichnung der Bahn des Nerven auf die Hautoberfläche nur dann von Werth, wenn sie vor jedem Versuche von Neuem entworfen wird. Denn jede Bewegung, mag sie auch noch so wenig excursiv sein, verändert die Lage des Nerven zur Hautoberfläche, die zuerst projicirte Linie stimmt dann

---

[11]) Die Muskelnerven eines Stammes sprechen nicht alle in gleicher Höhe des Stammes auf dieselbe minimale Stromstärke an. Der Pronator teres und die Flexoren der Finger, der Flexor ulnaris und der Adductor pollicis contrahiren sich isolirt bei Reizung verschiedener Höhen des Stammes mit derselben minimalen Stromstärke. Ich habe diese interessanten Phänomene nicht genauer verfolgen können. Ob der Grund in der zufälligen Stellung beider Electroden zu suchen sei oder in der Faseranordnung des Stammes, ob in der Länge der einzelnen Muskelnerven, so dass die längere Faser nach der Pflüger'schen Hypothese des lavinenartigen Anschwellens schon auf schwächere Reize reagire, ob andere unbekannte Momente noch mitwirken, Alles das ist nur durch eine besondere Untersuchung zu entscheiden.

nicht mehr; eine jede Zeichnung correspondirt eben nur mit einem ganz bestimmten Lagerungsverhältniss des Nerven zur Haut.

Nervenverschiebung bewirkt aber auch fast constant das Aufsetzen und die Abnahme der polarisirenden Electroden, und diese ist von Eulenburg und zum Theile auch von Erb nicht berücksichtigt. Erb hat nur „in einer Reihe von Fällen“ bei feststehenden polarisirenden Electroden Oeffnung und Schliessung des Stromes „an einer andern Stelle“ vorgenommen. Nun ist es klar, dass wenn die Bestimmung des Contractionsminimums vor Application der polarisirenden Electroden erfolgt und die Untersuchung der Modification nach Abnahme der Electroden — wie dies durchweg von Eulenburg und meist auch von Erb geschehen — die Resultate durch Einschleichen dieses Fehlers mindestens ungenau werden müssen.

Diese Fehlerquelle umging ich leicht dadurch, dass ich erst nach Application der polarisirenden Electroden das Contractionsminimum mass, alsdann Schliessung und Oeffnung bei feststehenden Electroden an der Batterie selbst vornahm und erst nach Prüfung der Modification die Electroden entfernte.

Eine weitere, von Eulenburg und Erb gleichfalls nicht berücksichtigte Fehlerquelle liegt in der Modification der Erregbarkeit durch den Druck der polarisirenden Electroden.

Directe Controlversuche über Druckmodification habe ich nicht gemacht, sie würden die Untersuchung zu sehr aufgehalten haben und wahrscheinlich doch ohne Resultate geblieben sein, denn der auf die Electroden wirkende Druck ist kein constanter, seine Intensität lässt sich nicht leicht messen, so wird eine Bestimmung der Curve unmöglich.

Um jedoch einigermasssen den Einfluss des Druckes zu erkennen und seine Wirkung von der des Stromes zu trennen, mass ich zuerst die durch das Aufsetzen der (fest mit einander verbundenen, knopfförmigen) Electroden erzeugte Modification, dann erst schloss ich die Kette, ebenso untersuchte ich die nach Abnahme der Electroden zurückbleibende Modification.

Die Messungen am Menschen verlieren sehr an Werth, da in jeden Druckversuch die Fehler durch Nervenverschiebung sich einmischen können[12]).

Die Druckmodification ist aber keineswegs zu vernachlässigen, ohne ihre Kenntniss ergeben sich trügerische Resultate. So erzeugte in einigen Fällen der Druck der Electroden eine ziemlich beträchtliche Steigerung der Erregbarkeit, die bei gleichzeitigem Kettenschlusse sogleich als Katelectrotonus notirt wäre, während durch den Strom vielleicht langsam ein schwacher Anelectrotonus in der betreffenden Nervenstrecke entwickelt wurde.

[12]) Ich will die gefundenen Zahlen bei den einzelnen Versuchen unten mittheilen.

Das Plus oder Minus einiger Millimeter ist daher bei den Versuchen am Menschen kein scharfes Reagens auf electrotonische Phasen.

Vollends ungenügend wird diese Bestimmung durch folgende, von Eulenburg und Erb gleichfalls übersehene, Fehlerquelle, ich meine die Steigerung der Erregbarkeit durch den inducirten Strom. Hierüber angestellte Controlversuche (Reizung des Medianus und Ulnaris am Oberarm mit der knopfförmigen (bei dem Oeffnungsinductionsstrom) negativen Electrode, die andre plattenförmige Electrode sass auf dem Vorderarm) ergaben Steigerungen von 5—40 Mm.

Linker Ulnaris. Steigerung von 132 auf 137 Mm. innerhalb 10 M. jede Viertelminute ein inducirter Strom von 2 Secunden Dauer durch den Nerven geleitet:

linker Ulnaris. St. von 153 auf 159 Mm. in 9 M. Jede V. m. 2 S. induc. Str.

linker Medianus. St. von 157 auf 165 Mm. in. 10 M. Jede V. m. 2 S. ind. Str.

rechter Medianus. St. schwankend von 130 auf 137 in. 10 M. Nach 6 M. 140.

linker Medianus. St. schwankend von 128 auf 150 in. 10 Mm. Alle 5 Sek. ind. Str. v. 2 Sek.

linker Ulnaris. St. schw. von 138 auf 167 (6 M.) auf 155 (10 M.) Alle 5 Sek. ind. Str. v. 2 Sek.

linker Medianus. St. von 180 auf 220 innerhalb $^1/_2$ Std. Alle 10 Sek. ind. Str. v. 2 Sek.

Die Versuche sind an motorisch und sensibel gesunden Median- und Ulnarnerven angestellt, die hohen Werthe gaben freilich „nervös“ nicht intacte Individuen (organisch Hirn- und Rückenmarkskranke). Doch kann auch an „nervös“ anscheinend völlig gesunden Individuen die Steigerung durch den inducirten Strom eine so beträchtliche werden, dass durch sie die anelectrotonische Herabsetzung vollständig maskirt wird, und dass jeder, der diese Fehlerquelle nicht berücksichtigt, oft Katelectrotonus statt eines wirklichen Anelectrotonus registriren würde.

So habe ich in unzweifelhaftem Anelectrotonus einen positiven Zuwachs von 15 Mm. an einem völlig nervengesunden Individuum gefunden.

Es mag jetzt noch paradox erscheinen, eine Nervenstrecke, deren Erregbarkeit während der Polarisation um 15 Mm. gestiegen, als anelectrotonisirt anzusprechen, indess hoffe ich dies bis zur Evidenz zu zeigen.

Jedenfalls leuchtet ein, dass Kat- und Anelectrotonus am Menschen (bei der gewöhnlichen Versuchsanordnung, also der Mitwirkung der Nervenverschiebung, des Druckes, der Steigerung durch tetanisirende Inductionsströme) mit Steigerung und Herabsetzung um mehrere Millimeter nicht identificirt werden dürfen.

Die Resultate Eulenburg's und Erb's werden deshalb sehr problematisch.

Ich will nun nach Erörterung der Hauptfehlerquellen meine Versuchs-Methode kurz auseinandersetzen.

Den polarisirenden Strom gab eine Siemens-Halske'sche Zink-Kupferbatterie. An ihr befand sich ein Galvanometer. Ich wartete nicht mit der Prüfung, bis die Nadel am Galvanometer einen festen Stand angenommen hatte, wie Eulenburg, sondern untersuchte sofort nach Schluss der Kette, da es mir besonders um die Bewegungserscheinungen des An- und Katelectrotonus zu thun war. Von einer Constanz des Stromes kann am Menschen bei den fortwährend wechselnden Widerständen doch keine Rede sein.

Zu polarisirenden Electroden nahm ich zwei mit Leinwand überzogene kleine Messingknöpfe von etwas über ½ Cm. im Durchmesser. Die Electrodenhalter konnten durch Eisenstab und Schraube in jeder beliebigen Entfernung fest mit einander verbunden werden, ihre Distanz betrug jedoch constant 5 Cm. Ich hatte Anfangs bei dieser Länge der intrapolaren Strecke Resultate erhalten, die zum Theil den am Froschischiadicus gewonnenen entsprachen, darum behielt ich diese Länge für alle Versuche bei. Auf die am Menschen höchst schwierige Untersuchung der Abhängigkeit der Erregbarkeitsänderung von der Länge der intrapolaren Strecke verzichtete ich vorläufig.

Ich reizte mit tetanisirenden Inductionsströmen eines mit 2 Daniell getriebenen Du Bois-Reymond'schen Schlittenmagnetelectromotors. Die knopfförmige (½ Cm. im Durchmesser) (bei dem Oeffnungsinductionsstrome) negative Electrode sass direct auf dem Medianus (7—10 Cm. oberhalb der Ellenbeuge) oder auf dem Ulnaris (3—7 Cm. oberhalb der Ellenbeuge). Sie trug den Unterbrecher. Die grössere plattenförmige (3½ Cm.) positive Electrode sass bei der Untersuchung des Medianus dicht unterhalb der Ellenbeuge in dem Raume zwischen Pronator teres und Supinator longus, bei der Untersuchung des Ulnaris dicht oberhalb des Carpalgelenks zwischen Flexor carpi radialis und ulnaris. — Die Electroden des prüfenden wie des polarisirenden Stromes wurden vor jedem Versuche mit lauwarmem Salzwasser befeuchtet. Die Versuchsobjecte lagen auf einer Bahre, der zu untersuchende Arm bis zur Horizontalen gehoben, in allen Gelenken extendirt und ungefähr bis zu einem Rechten abducirt, in dieser Haltung wurde er durch ein Unterbett gestützt, so dass er während des Versuches nicht ermüden konnte. Für den Medianus passte meist die Mittelstellung zwischen Pro- und Supination bei geringer Rotation des Armes nach aussen, für den Ulnaris wurde die Rotation nach aussen verstärkt.

Die Untersuchung selbst geschah nach folgendem Schema:

Zuerst wurde die Bahn des Nerven mit minimalen Stromstärken aufgesucht und in einer Strecke von 6—8 Cm. auf der Ober-

fläche verzeichnet[13]). Nur wenn die Zeichnung continuirlich war, und von einer Geraden kaum abwich, wurde der Nerv znm Versuche benutzt. Ich bemerke dies direct, weil bei manchen Individuen stets, bei andern in gewissen Positionen, die Zeichnung auf grössere oder geringere Strecken (bis zu 3 Cm.) unterbrochen ist; es sieht aus, als wenn dort ein Stück Nerv resecirt wäre. An diesen Stellen spricht der Nerv erst auf grössere Stromstärken an, unzweifelhaft wohl deshalb, weil zwischen Nerv und Haut ein Widerstand eingeschaltet wird (Fettlappen u. s. w.) — Bei dieser unterbrochenen Form der Zeichnung experimentirte ich ebenso wenig, wie wenn die projicirte Linie von der Geraden erheblich abwich. Es zeigt die Nervenlinie manchmal sich mehrfach gekrümmt, besonders am unteren Theile des Ulnaris. — War der Nerv brauchbar — und das ist er meist — so wurden nun die polarisirenden Electroden (fest mit einander verbunden in 5 Cm. Distanz) dicht (etwa $^1/_2$ Cm.) oberhalb der knopfförmigen Reizelectrode auf den Nerven aufgesetzt. Jetzt galt es die Verschiebung möglichst zu vermeiden, ich prüfte daher nochmals die intrapolare Strecke, und wenn sich eine Verschiebung zeigte — sie war nicht selten sehr beträchtlich — verrückte ich die polarisirenden Electroden, bis sie genau auf dem Nerven aufsassen, der Winkel, den die Electroden mit dem Nerven machten, war daher kein constanter. In wenigen Fällen stellte sich die Verschiebung immer von Neuem ein, (bei grosser Schlaffheit der Weichtheile) und ich musste vom Versuche abstehen. — Die negative Reizelectrode wurde sodann auf ihren früheren Platz zurückgebracht und, wenn die Druckmodification nicht bedeutend war, nach Constatirung des Contractionsminimums die polarisirende Kette sofort geschlossen. Dies geschah constant metallisch am positiven Pole der Kette. Gleich nach Schluss begann ich die Prüfung. Der Unterbrecher fing zu spielen an; der inducirte Strom brach reizend in den Nerven ein, so wie ich den Unterbrecher niederschnappen liess, die Erregung verschwand, so wie ich ihn hochspannte. Die Erregbarkeitsänderung wurde durch Verschiebung der secundären Spirale gemessen, Verkleinerung des Rollenabstandes bedeutet Erregbarkeitsherabsetzung, Vergrösserung, Erregbarkeitssteigerung. Die Prüfungsintervalle waren nicht gleichmässig; oft liess ich den Unterbrecher nur einige Male in der Minute fallen, oft spielte er beständig, wie

[13]) Hierbei fand ich im Allgemeinen das Pflüger'sche Gesetz bestätigt, nach welchem ein und derselbe Reiz verschiedene Stellen des Nerven treffend um so stärker auf den Muskel wirkt, je entfernter vom Muskel er den Nerven angreift. Ich registrire einfach das Factum und lasse es dahingestellt, ob der Nerv an den dem Centralorgane näheren Stellen erregbarer ist oder ob nach Pflüger die Erregung während der Leitung lavinenartig anschwillt.

Ausserdem scheinen bevorzugte Stellen für einzelne Muskeln zu existiren.

Für den Menschen ist das Pflüger'sche Gesetz schon von Remak bestätigt, neuerdings durch Helmholtz und Baxt bei ihren Versuchen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenprinzipes in den motorischen Nerven des Menschen.

es das Studium der Bewegungserscheinungen der electrotonischen Phasen grade erforderte. Die Millimeterdistanz ist der Einfachheit halber meist nur von Minute zu Minute angegeben, gereizt wurde viel öfter.

Der Kettenschluss variirte von 2—5 auch 7 Minuten. Geöffnet wurde wieder metallisch am positiven Kettenpole, schnell sodann die Modification geprüft, ihre einzelnen Stadien verliefen oft so rapide, dass sie numerisch nicht ausgedrückt werden konnten, die Rollen konnten nicht so schnell an einander geschoben und wieder entfernt werden. Die Prüfung der Modification dauerte meist 5 Minuten. Jetzt erst wurden die polarisirenden Electroden abgenommen und meist noch für einige Minuten die nach Aufhören des Druckes zurückbleibende Modification untersucht.

Ich selbst hielt die polarisirenden Electroden und die negative Reizelectrode mit Unterbrecher; die positive liess ich auf den erwähnten Stellen fixiren. Der Protocollführende schloss und öffnete die polarisirende Kette, ein anderer schob die Rollen und meldete die Distanzen.

Meinen Collegen, den Herrn v. Rabenau und Funke, die, wie Herr Dr. Sander, zu den zum Theil sehr schmerzhaften Versuchen bereitwilligst sich erboten, sage ich meinen besten Dank, Herrn v. Rabenau besonders, der bei den meisten Versuchen mich unterstützte. — An mir experimentirte Herr Dr. Sander.

## Anelectrotonus.

| Rechter Medianus. (20 El. 10° Nadelausschlag am Galvanometer). | | R. Ulnaris. 20 El. kaum NA. am Galvanometer. | | L. Ulnaris. (20 El. k. NA.) | | R. Median. 20 l. cr. 5° | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Contractionsminimum 160 Mm.** | | **C.-M. 154 Mm.** | | **C.-M. 154 Mm.** | | **C. M. 147 Mm** | |
| Unmittelbar nach Schluss keine Aenderung. | | U. n. S. Herabs. | | U. n. S. k. Ae. | | U. n. Schl. H. | |
| Nach ¾ M. beginnt Herabsetzung | | 1 M. | 145 | N. 1 M. beg. H. | | ½ M. | 141 |
| 2 M. | 139 | 2 | 140 | 1½ | 148 | 2 | 144 |
| 3 M. | 152 | 3. 4 | 138 | 3 | 147 | 3 | 145 |
| 4 M. | 145 | 5 | 132 | 4 | 152 | 4 | 147 |
| 5 M. | 142 | **Oeffnung** | 168 | 5 | 141 | 4½ | 150 |
| **Oeffnung** | 194 | 1 | 183 | **Oeffnung** | 164 | 5 | 148 |
| Nach 1 M. | 194 | 2 | 179 | 1. 2. 3 | 164 | 6 | 146 |
| 2 u. 3 M. | 198 | 3 | 186 | Dr. n. g. | | 7 | 142 |
| 4 u. 5 M. | 202 | 5 | 145 | | | **Oeffnung 159** | |
| Druck nicht gemessen.[14]) | | Druck nicht g. | | | | unmittelbar nachher | 150 |
| | | | | | | u. n. | 157 |
| | | | | | | Jetzt allmähliche Abnahme auf (4 M.) | 140 |
| | | | | | | Abnahme der Elektrodon | 133 |
| | | | | | | ½ | 142 |

[14]) In diesem Versuche fehlte Schliessungszuckung, die Oeffnungszuckung war stark. — Leider habe ich nicht bei allen Versuchen das Vorhandensein oder Fehlen von S.- und O.-Zuckung notirt, ich will daher von ihrer Mittheilung lieber ganz abstehen, sie könnte nur Confusion schaffen.

Das Zuckungsgesetz am Menschen erfordert ebenso wie der Electrotonus der sensibeln Nerven eine separate ausgedehnte Untersuchung, darum will ich auch die Aeusserungen mancher Versuchsobjecte über veränderte Empfindung während und nach der Polarisation nicht erst erwähnen.

**l. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 132
U. n. S. 128
2 125
3¼ 130
4¼–5½ 128
Oeffnung 139
1½ 134
1¾ 136
Ab. d. El. 140
n. weiter g.

**l. Med.**
30 El. NA bis 15° langsam ansteigend.
**C.-M.** 147
U. n. S. k. Ae.
2 141
2³/₄ 138
3 134
Oeffnung 170
u. n. 150
u. n. 153
1 163
u. n. 160
schwankt bis 4 M. zwisch. 166 u 154.
4½ u. 5 166
Ab. d. El. 166
u. n. 171
u. n. 175

**l. Med.**
20 El. k NA.
**C.-M.** 123
U. n. S. k. Ae.
N. 1½ beg. H.
2 117
3 120
4 121
Oeffnung 130
u. n. 126
1. 2. 3 126
Ab. d. El. 133
u. n. 125

**l. Med.**
30 El. k. NA.
**C.-M.** 144
U. n. S. k. Ae.
N. ½ beg. H.
1. 2 137
3. 4 140
5 142
Oeffnung 150
u. n. 145
1 140
2. 3 143
4. 5 142
Ab. d. El. kleine Steigerung n. g. schnell vorüber.

**l. Med.**
20 El. 5°
**C.-M.** 156
U. n. S. k. Ae.
1 155
2 152
3 164
4 158
5. 6 152
Oeffnung 165
u. n. H. allmäliger Abfall
1 158
2–5 168
Dr. n. g.

---

**l. Med.**
20 El. 2°
**C.-M.** 132
U. n. S. k. Ae.
1 131
2 125
2½ 139
3 135
3½ 133
Oeffnung 148
u. n. 140
1 139
2 u. 3 134
Ab. d. El. k. Ae.

**l. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 140
U. n. S. H.
1. 2 138
3 135
4 138
5 136
Oeffnung 145
u. n. 140
1 142
2 145
2½ 140
3 142
Ab. d. El. k. Ae.

**R. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 125
U. n. S. k. Ae.
N. 1¾ beg. H.
2 120
3 123
4 125
Oeffnung Steigerung n. g.
u. n. H. n. g.
u. n. wieder St. n. g.
2 132
3 131
Ab. d. El. 140
u. n. 137

**r. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 142
U. n. S. k. Ae.
1 141
1½ 142
2 141
3 142
Oeffng. St. n. g.
u. n. H. n. g.
1½–2 147
3 153
Ab. d. El. 156
u. n. 150

**r. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 130
U. n. S. k. Ae.
1³/₄—4 133
4½ — 5 130
Oeffnung 135
u. n. 131
u. n. St. n. g.
³/₄ 132
1 136
1½ 132
u. n. 136
2³/₄ 132
3½ 130
Ab. d. El. 129
u. n.—2 135
2¹/₄ 137

---

**r. Med.**
30 El. 2°
**C.-M.** 150
U. n. S. k. Ae.
1 150
2. 3 153
4. 5 150
Oeffnung 166
u. n. H. n. g.
1¼ 152
2 155
3 151
4 149
5 147
Ab. d. El. 160
u. n. 155
1¼ 149
2 153

**r. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 147
U. n. S. H.
auf 146
1 151
2 137
3 138
Oeffnung 150
allmäl. Abfall
auf 147
2 147
3 146
3½–5 147
Dr. n. g.

**r. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 131
U. n. S. H.
1 128
1½ 131
2–5 136
Oeffnung 138
u. n. 135
1–4 133
Ab. d. El. 140
n. w. g.

**r. Med.**
30 El. 5°
**C.-M.** 147
U. n. S. k. Ae.
1 145
2. 3 142
4. 5 139
Oeffng. St. n. g.
u. n. H. n. g.
u. n. allm. Ansteigen.
1 152
2 145
3 148
4. 5 151
**Ab. d. El** erzeugt einen cr. 2 M. anhaltenden Tetanus d. Mediangebiets.

**l. Med.**
20 El. 5°
**C.-M.** 132
U. n. S. k. Ae.
1 137
2–5 139
Oeffng. St. n. g.
½ 147
2 144
5 152
Dr. n. g.

| l. Med. | l. Ulnaris. | r. Med. | r. Med. | r. Ulnaris. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 30 El. langsam. | 30 El. cr. 5° |
| C.-M. 142 | C.-M. 163 | C.-M. 140 | auf 10° ansteig. | C.-M. 152 |
| U. n. S. H. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. – 3. | C.-M. 170 | N. S. k. Ae. |
| 1. 2 139 | 1–5 immer 163 | k. Ae. | U. n. S. u. 1 | 1 160 |
| 3 125 | Oeffnung 168 | Oeffnung 145 | k. Ae. | 2–3 164 |
| 4 123 | –2¾ 168 | u. n. 140 | 1½–2 172 | Oeffnung 171 |
| Oeffnung 150 | dann –4 163 | 2 141 | 3 175 | u. n. H. n. g. |
| u. n. 142 | 4½–7 158 | Ab. d. El. 146 | 4 179 | 1 160 |
| u. n. 148 | Ab. El. allm. St. | u. n. 145 | 5. 6 175 | 2 157 |
| u. n. 145 | auf (1) 170 | | Oeffnung allm. | 3 140 |
| 1 143 | 2 162 | | Anst. auf 180 | Ab. allmähl. St. |
| 2 139 | 3 165 | | 1 178 | auf 178 |
| 3 137 | | | 2 175 | u. n. 171 |
| 4–6 139 | | | 2½ 172 | |
| 6½ 137 | | | 3 176 | |
| 7 134 | | | 4. 5 175 | |
| Ab. d. El. 141 | | | Abn. 188 | |
| u. n. 140 | | | u. n. 185 | |

| r. Med. | l. Med. | l. Med. | r. Med. | l. Ulnaris. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 30 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 30 El. k. NA. |
| C.-M. 143 | C.-M. 150 | C.-M. 140 | C.-M. 158 | C.-M. 146 |
| U. n. S. k. Ae. | U. n. S. 148 | U. n. S. k. Ae. | u. n. S. k. Ae. | U. n. S. 136 |
| 1. 2 150 | 1 148 | ½ 138 | 1 161 | –3 136 |
| 3–5 156 | 2 142 | 1 137 | 2 163 | Oeffnung 149 |
| Oeffnung 171 | 3. 4 138 | 2. 3 140 | 3 165 | u. n. 141 |
| allmähliche H. | 4¼–5 136 | 4 136 | Oeffnung allm. | ½ 145 |
| 1 160 | Oeffnung 163 | 5 137 | St. ¼ 175 | 1 141 |
| 2 152 | u. n. 151 | Oeffng. St. n. g. | 1 163 | 1½ 147 |
| 3 154 | –5 schwankt | u. n. 140 | 2 159 | 1¾ 142 |
| 4. 5 149 | zwischen 150 | u. n. 138 | 3. 4 165 | 2. 3 145 |
| Dr. n. g. | u. 141 | 1 144 | Ab. d. El. 156 | Dr. n. g. |
| | Ab. d. El. k. Ae. | 2. 3 145 | u. n. 170 | |
| | | 4 149 | 1 172 | |
| | | Ab. d. El. 154 | 2 169 | |
| | | –2 154 | 3 167 | |

| l. Med. | r. Ulnaris. | l. Med. | r. Med. | l. Ulnaris. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. 5° | 36 El. k. NA. | 20 El. 5° | 20 El. 5° | 24 El. k. NA. |
| C.-M. 146 | C.-M. 150 | C.-M. 146 | C.-M. 136 | C.-M. 147 |
| U. n. S. k. Ae. | U. n. S. u. 1 k. Ae. | U. n. S. 127 | U. n. S. H. | U. n. S. –3 140 |
| Bald 142 | 2¼–3 151 | –2 127 | allm. –2 129 | Oeffnung 150 |
| 1 141 | Oeffnung 153 | 3–5 100 | 2½ 127 | u. n. –2 146 |
| 1½ 136 | u. n. 151 | Oeffnung 151 | 3½–4 126 | 2¼–4 143 |
| 2 140 | u. n. 153 | u. n. 133 | 5 129 | Abn. 146 |
| Oeffnung 153 | 1 156 | ½ 144 | Oeffnung 139 | |
| u. n. 142 | 2. 3 153 | 1 135 | u. n. 131 | |
| ½ 146 | Ab. S. El. 155 | 1½ 140 | 1–3 132 | |
| schwankt bis 5 | –3 | 2½ 135 | 4. 5 130 | |
| zw. 142 u. 152 | | 3 140 | Ab. d. El. 122 | |
| 5 145 | | 3½ 135 | 1 122 | |
| Ab. d. El. 142 | | Abn. 132 | 2. 3 123 | |
| u. n. 144 | | u. n. 134 | | |

**l. Ulnaris.**
20 El. 5°
**C.-M.** 140
U. n. S. k. Ae.
1 145
2 155
3 152
4. 5 150
**Oeffng. St. n. g.**
½ 147
2. 3 145
3½ 150
4 6 149
Abn. k. Ae.

**l. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 163
U. n. S. k. Ae.
1 162
2 160
2½ 158
3 155
4 153
5 152
6 150
**Oeffnung** 164
u. n. 150
1 146
2 157
3 152
4 155
4½ 157
5 160
Abn. 160

**r. Ulnaris.**
20 El. 5°
**C.-M.** 134
U. n. S. H.
1 121
2 115
2½ 110
**Oeffnung** 138
u. n. u. 1 126
2 130
2¼. 3 129
3½ 135
4 132
5 139
6 147
7 150
Abn. 148
u. n. allm. St.
auf 155
bald 152

**l. Ulnaris.**
10 El. 5°
**C.-M.** 161
U. n. S. H.
½ 143
1 147
2. 3 144
**Oeffnung** 167
u. n. -4 153
Abn. 153

**l. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 138
U. n. S. u. 1 k. Ae.
1¾–4 135
**Oeffng. ¼ noch** 135
**dann** 155
u. n. allm. Abf.
auf 1–4 137
Abn. 165

**l. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 134
U. n. S. k. Ae.
¾-2 131
**Oeffng. ¼ noch** 131
**dann** 135
½–3½ 130
Abn. k. Ae.

**l. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 140
U. n. S. k. Ae.
1-3 138
**Oeffnung** 142
¼ noch 142
u. n. 136
u. n. 140
1½ 143
2 148
u. n. 143
2¾–3 146
Abn. 160
schwankt dann zwischen 155 u. 147

**r. Ulnaris.**
40 El. k. NA.
**C.-M.** 143
U. n. S. k. Ae.
1 133
1½ 131
dann schwankt beständ. zwisch. 131 u. 141
2½–3 131
**Oeffnung** 144
u. n. 136
u. n. 140
schwankt zw. 145 u. 138
3 138
Abn. 140
bald 142

**l. Ulnaris.**
20 El. 5°
**C.-M.** 140
U. n. S. H.
¼ 130
¾ 127
1¼ 122
2 135
3 125
3½ 141
4 135
bald 120
**Oeffnung** 140
½ 120
¾–2 130
Abn. -1 143

**l. Ulnaris.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 143
U. n. S. k. Ae.
1 139
1½ 136
2 131
3 132
3½ 133
**Oeffnung** 142
u. n. 133
u. n. 144
½ 136
n. w. g.

**r. Med.**
30 El. k. NA.
**C.-M.** 162
U. n. S. k. Ae.
bald 159
1 154
1½–2 160
3 156
4 154
**Oeffnung** 160
u. u. 140
u. n. 150
bald 157
1. 2 158
2¾. 3 154
Abn. 159
–2 159

**r. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 150
U. n. S. k. Ae.
½ 149
1 147
2½ 142
3 144
4 139
**Oeffnung** 146
u. n. -1 143
2 142
3 139
4 140
Abn. 144
u. w. g.

**r. Med.**
20 El. k. NA.
**C.-M.** 147
U. n. S. H.
½ 144
1 147
2 150
3 147
3½. 4 143
4½ 140
5 138
**Oeffnung** 142
u. n. 140
1 143
2. 3 141
4. 5 144
Abn. 149
u. w. g.

**l. Ulnaris.**
30 El. 15°
**C.-M.** 155
U. n. S. k. Ae.
H. beg. n. 1½
2½–5 123
**Oeffnung** 152
2 153
3 154
3¼ 156
4. 5 153
Abn. 153

**r. Med.**
20 El. 5°
**C.-M.** 134
U. n. S. k. Ae.
¾ 114
1 120
1½ 120
2¾ 125
3 121
3¾ 117
4¼ 117
**Oeffng. St. n. g.**
¾ 125
bald 120
schwankt zw. 125 u. 115
Dr. n. g.

| r. Med. | l. Med. | r. Ulnaris. | l. Med. |
|---|---|---|---|
| 30 El. k. NA. | 30 Fl. 20° | 30 El. 5° | 30 El. 20° |
| C.-M. 151 | C.-M. 151 | C.-M. 172 | C.-M. 170 |
| U. n. S. k Ae. | U. n. S. H. | U. n. S. H. | U. n. S. H. |
| ¾ beg. H. | −2 149 | ½−2 136 | 1−2 131 |
| 1 147 | dann plötzl. H. | 3 133 | Oeffnung 143 |
| 1½ 143 | −5 auf 120 | 4, 5 135 | u. n. u. 1 151 |
| 2¼ 115 | Oeffng. St. n g. | Oeffng. St. n. g. | 2−4 160 |
| 3 134 | u. n. 127 | u. n. H. n. g. | 5 154 |
| 3¾ 140 | 1 140 | u. n. St. 141 | Abn. 155[15]) |
| 4 137 | 2 146 | −3 141 | |
| Oeffng. St. n. g. | 2½ 148 | Abn. 143 | |
| u. n. 124 | Dr. n. g. | | |
| St. dann allm. | | | |
| 1½ 140 | | | |
| schwankt −3 | | | |
| zwischen 140 | | | |
| u. 154 | | | |
| Abn. 155 | | | |
| bald 144 | | | |
| u. n. 152 | | | |
| u. n. 143 | | | |

Ein Blick in die Tabellen genügt, um von den bedeutenden Differenzen dieser Resultate mit den von Pflüger am präparirten Froschischiadicus gewonnenen überzeugt zu sein.

Dass Eulenburg und Erb keine jener Variationen beobachtet, dass die Versuche ihnen immer so einfache, saubere Zahlen verschafft, ist in der That höchst sonderbar. Mir haben nur selten mehrere nach einander angestellte Experimente gleiche Zahlen gegeben. Ein College, der kurz nachdem ich die Untersuchung begonnen hatte — ich mochte erst 3 oder 4 Tage gearbeitet haben — eines Tages mehrere Versuche mitansah, zuckte die Achseln und rieth mir auf das freundschaftlichste, mich doch nicht weiter damit abzuquälen, es käme dabei sicher nichts heraus. An dem Tage hatten grade die Versuche, wie später so oft, die wunderbarsten, zum Theil völlig sich widersprechenden Resultate gegeben. Denn ich will hier schon bemerken, dass mit den obigen Variationen die

---

[15]) Bei einigen Medianusversuchen mischten sich, wenn der Anelectrotonus beträchtlich war, sehr störend Bicepscontractionen in die Erregbarkeitsprüfung. Innerhalb einer grösseren oder kleineren Rollenstrecke contrahirte sich bei Medianusreizung dann nur der Biceps, die als Reagens dienenden Flexoren, besonders der Finger, fingen erst bei fortgesetzter Verkleinerung der Rollendistanz zu zucken an.

Der Grund ist wohl einfach der, dass mit Annäherung der Rollen die Stromdichtigkeit in den die Nervenäste des Biceps schneidenden Stromescurven endlich eine solche Intensität erreicht, dass sie zuckungerregend wirkt. Vermag nun bei diesem Rollenabstande der Reiz die anelectrotonische Hemmung noch nicht zu überwinden, so wird bei Medianusreizung der Biceps statt der Fingerflexoren zucken müssen.

Einmal, als ich den Medianus zu hoch über der Ellenbeuge stark polarisirt hatte, contrahirte sich im Anelectrotonus des Medianus innerhalb einer gewissen Rollenstrecke bei Medianusreizung alternirend das Ulnargebiet. Diese Versuche werden wegen Nervenverschiebung meist unbrauchbar.

Disharmonie keineswegs endet, das Thema wird noch weit complicirter. — Aber ich war entschlossen. Sollte denn der menschliche Nerv von jedem Gesetzeszwange emancipirt sein?

Illusorisch wäre es, eben so schlagende Zahlen bei den mangelhaften Versuchsmethoden am Menschen zu erwarten, wie bei den exacten physiologischen Experimenten am Ischiadicus. Die Fehlerquellen sind hier ja enorm. Von der Nervenverschiebung und der Druckmodification ganz abgesehen, ist es oft ja ganz unmöglich zu bestimmen, ob eine Modification positiv oder negativ sei; denn darüber kann natürlich nur das Plus oder Minus von Millimetern entscheiden, das ist aber immer die Resultante zweier Modificationen, der durch den polarisirenden und der durch den inducirten Strom bedingten, und diese lassen sich nicht trennen. — Die Modification durch den inducirten Strom könnte zu einem grossen Theile, vielleicht auch gänzlich, vermieden werden, wenn man nur mit schwachen Schliessungsinductionsströmen reizte. Wer aber die primitive Einrichtung eines sogenannten electrotherapeutischen Kabinets kennt, wird sich nicht wundern, dass man sich mit dem pium desiderium bescheidet.

Trotz der Fehlerquellen glaube ich Folgendes mit Sicherheit über den Anelectrotonus am Menschen aussagen zu können.[16])

## Resultate der Anelectrotonus — Versuche am Menschen.

Wie am Froschischiadicus beginnt der Anelectrotonus am Menschen bei einer Stromstärke, die noch nicht Zuckung erzeugt. Er wächst wohl im Allgemeinen mit wachsender Stromstärke, doch zeigt seine Intensität sich mehr von der Disposition des Nerven für diesen Zustand abhängig (cf. unten). So entwickeln oft schwache Ströme den mächtigsten Anelectrotonus, während derselbe Nerv zu einer andern Zeit selbst bei den stärksten Strömen für den Anelectrotonus völlig unempfänglich ist. Medianus und Ulnaris derselben Seite reagiren zu derselben Zeit, bei denselben Stromstärken oft ganz verschieden.

Der negative Zuwachs ist nicht immer deutlich ausgesprochen; oft ist er ganz unregelmässig, wechselt mit positivem, durch den Kampf mit der positiven Modification des tetanisirenden Inductionsstromes schwankt seine Intensität oft zwischen beträchtlichen Werthen. Gar nicht selten wird er durch die positive Modification des Inductionsstromes gänzlich maskirt, wir erhalten dann im Anelectrotonus positiven Zuwachs.

16) Wollte ich exact sein, so müsste ich fast jeden einzelnen Versuch analysiren, denn fast jeder bietet — besonders hinsichtlich der Modification — eine gewisse Besonderheit dar. Um jedoch nicht weitläufig zu werden, will ich nur die allgemeinen Erscheinungsformen resümiren.

Die Fluthzeit des Anelectrotonus variirt im Allgemeinen nach seiner Intensität. — Entwickelt sich ein schwacher Anelectrotonus, so ist meist unmittelbar nach der Schliessung, oft auch einige Minuten nachher, noch nicht die Spur einer Erregbarkeitsänderung zu erkennen. Er schwillt sodann sehr langsam und träge an, erreicht früher oder später ein Maximum, erhält sich auf diesem längere oder kürzere Zeit und fällt dann meist allmälig wieder ab. Je stärker der Anelectrotonus, um so schneller bricht er im Allgemeinen in den Nerven ein, nicht selten hat er mit dem Kettenschlusse fast schon seine volle Intensität erreicht. Gewöhnlich fällt er alsdann schnell ab.

Soviel ich weiss, ist der Charakter der von der stark anelectrotonisirten Nervenstrecke ausgelösten Contractionen bisher noch nie geschildert. Er ist nicht selten recht prägnant ausgesprochen. Man sieht gleichsam das Nervenprinzip mühsam durch den Nerven sich hinwinden, man merkt deutlich die Verlangsamung und Hemmung der Leitung. — Die Contraction folgt nicht unmittelbar dem Reiz, sie erfolgt langsam und träge; bald wird sie unregelmässig, bei demselben Rollenabstande zuckt der Muskel bald gar nicht, bald geräth er in den heftigsten Tetanus. So wie das Nervenprinzip gewissermassen durchbricht, wird die Contraction energisch. Der Tetanus steigt allmählig an, man sieht ihn gleichsam aus der Zuckungsreihe sich aufbauen; aber bald kommt es gar nicht mehr zum Tetanus, der Muskel durch tetanisirende Ströme gereizt contrahirt sich nur klonisch.

Für diese Form der Contraction, die Pflüger nicht beobachten konnte, weil er nur Zuckungen mass, passt das Pflüger'sche Bild der im Anelectrotonus verstärkten Molekularhemmung vortrefflich.

Die Contractionen im Anelectrotonus treten nicht immer so charakteristisch auf, sie scheinen bei manchen Individuen leichter sich zu bilden, als bei anderen.

In der Modifikation hört die Uebereinstimmung der Resultate am Menschen mit denen des präparirten Froschischiadicus bald auf. Hier eben zeigten sich fast alle nur erdenkbaren Variationen.

Zunächst entsprach die Stärke der Modification durchaus nicht immer der Stärke des vorhergegangenen Anelectrotonus.

Constant war die positive Modification[17]) im Momente der Oeffnung. Ich halte sie (bei der gewöhnlichen Versuchsanordnung) für das sicherste Criterium des An-

[17]) Positive Modification heisst jede Erregbarkeitssteigerung nach der Oeffnung, negative Modification jede Herabsetzung nach der Oeffnung Positiver Zuwachs hingegen soll eine absolute Steigerung bedeuten, also wenn das Contractionsminimum bei einer grösseren Rollendistanz als vor dem Kettenschluss erfolgt, negativer Zuwachs eine absolute Herabsetzung (Contractionsminimum bei kleinerer Rollendistanz als vor dem Kettenschluss).

electrotonus am Menschen. Nur zweimal überdauerte der Anelectrotonus die Oeffnung um $^1/_4$ M. und dann erst trat die positive Modification ein. Auch Pflüger beobachtete zweimal ein Ueberdauern des Anelectrotonus, als er die polarisirenden Electroden nahe dem Plexus sacralis und den motorischen Wurzeln angelegt hatte. Ihm scheint die Einmischung des Ritter-Valli'schen Gesetzes die Ursache. Die positive Modification verlief oft so rapide, dass die secundäre Rolle nicht schnell genug von der inducirenden entfernt werden konnte, um sie zu messen. Sie drückt in den meisten Fällen einen wirklich positiven Zuwachs aus (die Eulenburg'schen Angaben sind daher zu corrigiren). Sicher bleibt aber nur in den wenigsten Fällen der Zuwachs während der ganzen Dauer der Modification positiv. Ich betone sicher; zwar drückt bei mehr als der Hälfte der Versuche das Contractionsminimum während der ganzen Dauer der Modification numerisch eine absolute Erhöhung aus. Es concurrirt hier aber immer die positive Modification des Inductionsstromes und darum wird für viele Fälle die Entscheidung, ob während der Modification positiver Zuwachs besteht, oder nicht, ganz unmöglich.

In den meisten Versuchen folgt nun der primären Steigerung meist unmittelbar eine mässige Herabsetzung (gewöhnlich 2 — 10 Mm., einmal 20 Mm.), die oft ebenso rapide vorübergeht wie jene und deshalb ebenfalls nicht immer gemessen werden konnte. In wenigen Fällen fällt die Steigerung allmälig ab. Hierbei bleibt der Zuwachs entweder noch positiv, wenn auch manchmal sehr schwach, oder aber die Minimalcontraction tritt jetzt erst bei einer kleineren Distanz der Spiralen auf, als vor dem Kettenschluss, der Zuwachs ist dann in diesem Stadium der Modification negativ.

Dieser Herabsetzung folgt wieder in einer Reihe von Fällen eine unbeträchtliche Steigerung um wenige Millimeter, plötzlich oder allmälig.

In wenigen Fällen erreicht die positive Modification das vor der Polarisation constatirte Contractionsminimum nicht, dann bleibt der Zuwachs auch später noch meist negativ. Nach starken Strömen scheint dies der reguläre Modus des Abklingens. Auch hierbei zeigen sich oft die Schwankungen im Anfange der Modification; der primären Steigerung folgt Herabsetzung, dieser wieder eine Steigerung u. s. w.

Macht sich während der Modification negativer Zuwachs geltend, so behalten die Contractionen zuweilen den Charakter bei, den sie im Anelectrotonus angenommen hatten. Dies würde auf ein Ueberdauern des Anelectrotonus hindeuten und mit der Pflüger'schen Annahme nicht stimmen.

Die Dauer der Modification kann bei Prüfung mit tetanisirenden Inductionsströmen nicht bestimmt werden.

Die Criterien für den Anelectrotonus am Men-

schen (bei der gewöhnlichen Versuchsanordnuug) sind demnach:

Negativer Zuwachs während der Polarisation, (positiver schliesst ihn nicht aus), seine träge Entwicklung und — als das sicherste Moment — die nie fehlende positive Modification, gleichgültig, ob sie positiven oder negativen Zuwachs zeige.

Mit dem physiologischen Experiment stimmen demnach im Wesentlichen die Erscheinungen während der Polarisation, die der Modification hingegen nur für eine sehr geringe Quote der Fälle.

Ich wende mich jetzt zum Katelectrotonus.

## Katelectrotonus.

| L. Med. 10 El. 5° | L. Ulnaris. 10 El. 5° | r. Ulnaris. 20 El. 5° | l. Med. 20 El. cr. 10° | l. Med. 20 El. 10° |
|---|---|---|---|---|
| C.-M. 151 | C.-M. 156 | C.-M. 136 | C.-M. 162 | C.-M. 179 |
| U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. 180 | U. n. S. St. |
| 2– 162 | 180 | 1 147 | bald 170 | 1. 2 207 |
| 2½ 178 | 1 195 | 1¼–2½ 147 | Oeffnung 152 | 3 205 |
| 3 181 | 2 190 | Oeffnung 134 | ½ 165 | 4 199 |
| Oeffnung 149 | Oeffnung 154 | u. n. u. 1 129 | 1 169 | 5 195 |
| u. n. 160 | u. n. 161 | 2 134 | 2 170 | Oeffnung 175 |
| u. n. 149 | ½–2 154 | 3 131 | 3 153 | 1. 3 175 |
| bald 145 | 3 145 | Ab. 131 | | Dann allmälig. Steigen. |
| 2. 3 143 | 3½ 149 | | | 5 194 |
| Dr. n. g. | 4 148 | | | Dr. n. g. |
| | 5 151 | | | |
| | Ab. 160 bald 153 bald 160 | | | |

| r. Ulnaris. 20 El. 5° | l. Ulnaris. 14 El. 5° | r. Med. 20 El. 5° | l. Med. 20 El. k. NA. | l. Ulnaris. 20 El. 5° |
|---|---|---|---|---|
| C.-M. 153 | C.-M. 144 | C.-M. 165 | C.-M. 146 | C.-M. 136 |
| U. n. S. St. | N. S. 147 | U. n. S. St. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. |
| 1 188 | 1 150 | 178 | 1 151 | ½ 142 |
| 2 160 | 2 154 | bald 184 | 1¼ 151 | 1 136 |
| 2½–3 170 | 2½ 151 | ½ 190 | 1¾ 146 | 2 143 |
| 4 158 | 3 152 | 2 189 | 1½ 141 | 2¼ 144 |
| 5 154 | 4 153 | 2¼ 191 | 1¾ 145 | 3 147 |
| Oeffnung 140 | 4½–5 156 | 2½ 193 | 2½ 149 | 3½ 150 |
| 1 145 | Oeffnung 143 | Oeffnung 163 | Oeffnung 142 | Oeffnung 134 |
| 2 153 | u. n. 146 | u. n. 170 | u. n. 149 | u. n. 146 |
| 3 148 | 1 144 | 1 168 | 1 142 | bald 141 |
| Ab. 148 | 1½ 145 | 1¼ 143 | 1¼ 149 | ½ 139 |
| | 2½ 140 | 2. 3 166 | 1½ 146 | 1 135 |
| | Abn. 145 | Abn. 150 | Dr. n. g. | 1½ 130 |
| | | | | 2½ 132 |
| | | | | Dr. n. g. |

| l. Med. 40 El. k. NA. | l. Ulnaris. 30 El. cr. 20° | l. Med. 20 El. k. NA. | r. Ulnaris. 30 El. 20° | l. Ulnaris. 10 El. k. NA. |
|---|---|---|---|---|
| C.-M. 152 | C.-M. 135 | C.-M. 162 | C.-M. 150 | C.-M. 176 |
| U. n. S. 157 | U. n. S. H. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. 180 | U. n. S. 187 |
| bald 160 | ½ 175 | bald u. 1 165 | bald 187 | bald 189 |
| 1 170 | 1 173 | 2. 3 167 | 1½ 155 | 1 198 |
| 2 176 | 2 165 | Oeffnung 155 | 3 177 | 2 190 |
| 2½ 171 | 3 160 | u. n. 160 | Oeffnung 134 | Oeffnung 189 |
| Oeffnung 148 | 4. 5 148 | ½ 160 | bald 144 | ½ 187 |
| u. n. 156 | Oeffnung 133 | 1 157 | bald 147 | plötzlich jetzt auf **173** gefallen. |
| ½ 155 | 1. 3 140 | 2 151 | Ab. 142 | 1. 2 173 |
| 1 144 | 3½. 4 138 | 2½ 4 156 | bald 150 | 3 178 |
| 2 149 | 5 136 | Abn. 156 | | Ab. 172 |
| 3 138 | Dr. n. g. | bald 168 | | |
| 4. 5 135 | | bleibt 168 | | |
| Ab. 147 | | | | |
| 1 151 | | | | |
| 1½ 155 | | | | |
| 2 156 | | | | |

| r. Ulnaris. 20 El. cr. 3° | l. Med. 20 El. cr. 7° | r. Med. 20 El. 5° | r. Ulnaris. 30 El. k. NA. | l. Ulnaris. 20 El. 10° |
|---|---|---|---|---|
| C.-M. 160 | C.-M. 145 | C.-M. 155 | C.-M. 163 | C.-M. 155 |
| U. n. S. 165 | U. n. S. 155 | U. n. S. 163 | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. 165 |
| 1 168 | 1. 3 155 | ¾–1¼ 167 | 1 172 | ½ 171 |
| 1¼–2 170 | 4. 5 152 | 2–2½ 182 | 1½ 169 | 1 164 |
| 2½ 176 | Oeffnung 152 | Oeffnung 157 | bald 177 | 1½ 159 |
| 3 178 | bis 2½ 152 | 1 170 | 2½ 173 | 1¾ 163 |
| Oeffnung 178 | Dann plötzlich **145** | 1½ 150 | 2¾ 179 | 2½ 165 |
| ¾ 181 | –4 145 | 2 172 | 3. 4 175 | 3. 4 168 |
| jetzt plötzlich auf **141** | 5 152 | 3¼ 167 | Oeffnung 165 | Oeffnung 162 |
| 2. 3 142 | Ab. 146 | 3½ 163 | u. n. 170 | ¾ 162 |
| 4 144 | | Abn. 163 | 1 161 | 1 157 |
| 4½ 147 | | | 2 153 | 3 162 |
| 5 143 | | | °2½ 149 | 3¾ 165 |
| Ab. k. Ae. | | | bald 175 | 4½ 172 |
| | | | 3 149 | Abn. 160 |
| | | | 4 170 | |
| | | | Abn. 155 | |
| | | | bald 160 | |

| l. Med. 10 El. k. NA. | r. Med. 20 El. k. NA. | l. Med. 20 El. k. NA. | l. Med. 30 El. 10° | l. Med. 20 El. 5° |
|---|---|---|---|---|
| C.-M. 152 | C.-M. 135 | C.-M. 139 | C.-M. 150 | C.-M. 151 |
| U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. k. Ae. |
| 1 154 | 1 135 | 1. 2 158 | Zuckungen bis zum grössten Rollenabstand 450 tetan. Contr. | 2 168 |
| 2 170 | 1¾ 142 | 3 170 | | 3 rap. St. Zuckung bis zu 390 |
| 2½ 174 | 2¼ 152 | 4. 5 179 | | Oeffnung 153 |
| 3 166 | 3½ 170 | Oeffnung 158 | 1 213 | 1. 2 162 |
| 3½ 183 | 4¼ 167 | 1. 2. 3 158 | 3 225 | 3. 6 171 |
| Oeffnung 168 | Oeffnung 153 | Dr. n. g. | Oeffnung 163 | 7 172 |
| u. n. 166 | 1 147 | | bald 185 | Dr. n. g. |
| bald 173 | 1½ 152 | | 1 170 | |
| 1 166 | 2½ 135 | | 2. 3 177 | |
| 2 173 | Ab. –3 135 | | 4 195 | |
| 3 158 | | | 5 185 | |
| Abn. 174 | | | Abn. 175 | |

| l. Ulnaris. | l. Ulnaris. | l. Med. | l. Ulnaris. | l. Ulnaris. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 20 El. 10° | 20 El. 10° | 20 El. 10° | 30 El. 10° |
| | | | | schwankend |
| C.-M. 145 | C.-M. 95 | C.-M. 150 | C.-M. 160 | C.-M. 142 |
| U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. Zuckg. | U. n. S. k. Ae. |
| 1 Zuckungen | ½ tet. Contr. | 1 195 | bis zu 228 | Von ¾ rapide St. |
| bis zu 450 | bis zu 157 | 2 Zuckung | 2 tet. Contr. | 1 tet. Contr. 180 |
| Oeffnung 150 | Zuckungen 410 | bis zu 313 | bis zu 180 | Zuckung 450 |
| Bald allm. St. | bald darauf | 3 tet. Contr. | Oeffnung 159 | 3 tet. Contr. 180 |
| 5 190 | tct. Contr. 150 | 185 | 1. 3 159 | Zuckung 201 |
| Dr. n. g. | Oeffnung 115 | Oeffnung 150 | Ab. k. Ae. | 3¾ t. Contr. 180 |
| | n. w. g. | ¼ 155 | | 5 Zuckung 240 |
| | | Jetzt folgt ein spontaner Tetanus, der auch nach Abnahme d. El. cr. 1 M. fortdauert. | | tet. Contr. 180 |
| | | | | Oeffnung 139 |
| | | | | 1 140 |
| | | | | 2 142 |
| | | | | 3 140 |
| | | | | 4 145 |
| | | | | Dr. n. g. |

| l. Med. | r. Med. |
|---|---|
| 20 El. k. NA. | 20 El. 5° |
| C.-M. 156 | C.-M. 136 |
| U. n. S. Zuckung | U. n. S. 157 |
| bis zu 450 | Zuckung bei 171 |
| Oeffnung 152 | ½ tet. Contr. 154 |
| 2 166 | Oeffnung 130 |
| 3 180 | n. w. g. |
| 4 198 | |
| 5 189 | |
| 6 202 | |
| Dr. n. g. | |

## Resultate der Katelectrotonus-Versuche am Menschen.

Der Katelectrotonus erscheint an den Median- und Ulnarnerven schon bei äusserst geringen Stromstärken, die noch keine Spur einer Schliessungszuckung geben, ganz wie am Froschischiadicus, an dem ihn Pflüger bekanntlich schon mit Hülfe des Nervenstromes als polarisirenden deutlich demonstriren konnte. Er wächst im Allgemeinen mit wachsender Stromstärke, doch ist auch hier die Abhängigkeit von der Disposition des Nerven nicht zu verkennen.

Wie im physiologischen Experiment bricht er mit dem Kettenschluss meist „mit den Sinnen entschwindender Geschwindigkeit“ in den Nerven ein und ist bald in voller Intensität entwickelt, bald wächst er nach der Schliessung noch um geringe Werthe an. In andern Fällen dagegen ist seine Fluthzeit nicht so rapide; nach dem Kettenschluss zeigt sich nicht die geringste Erregbarkeitsän-

derung, dann plötzlich, früher oder später (bei schwachen Strömen selbst erst nach Vollendung der ersten Minute), schwillt er mit Macht an, der Zuwachs steigt steil zum Maximum oder erklimmt sprungweis die Höhe. Hier hält er nur selten lange an, meist schwillt er schnell ab, der Zuwachs bleibt aber immer noch stark positiv, nur höchst selten wird er für Augenblicke negativ. Oft schwankt dann die Erregbarkeit zwischen bedeutenden Werthen; er springt wohl plötzlich wieder zu einer erheblichen Höhe, sinkt ebenso rasch zurück; hier zeigen sich viele Variationen. Die verschiedenen Resultate sind zu einem grossen Theile gewiss durch die Inconstanz des Stromes bedingt, denn keineswegs hat der polarisirende Strom im Augenblicke des Kettenschlusses im Nerven bereits die grösste Dichtigkeit erreicht, diese wächst vielmehr mit immer abnehmenden Widerständen an, das zeigt ja die langsame Drehung der Nadel am Galvanometer, die stets erst nach einer gewissen Zeit einen festen Stand einnimmt und selbst dann noch zuweilen in kleinen Excursionen schwankt.

In einer nicht unerheblichen Quote der Fälle zeigen die Contractionen einen auffallenden Character, meist bei stärkeren Strömen.

Nur bis zu einem gewissen Rollenabstande löst eine Summe von Reizen, wie sie der tetanisirende Inductionsstrom liefert, eine Summe von Zuckungen aus, d. h. tetanische Contractionen. Wird dann noch der Rollenabstand vergrössert, so beantwortet der Nerv innerhalb einer grösseren oder kleineren Strecke, oft bis zu ganz ausgeschobenen Rollen die Reizungsreihe nicht mehr mit einer Zukkungsreihe, mit Tetanus, sondern nur mit einer einzelnen, raschen Zuckung[18]), so dass also im Augenblick, wo der Unterbrecher niederschnappt, der Muskel schnell zuckt, bei fortdauernder Reizung des Inductionsstromes aber nicht in Tetanus oder auch nur in Klonus geräth. Die Zuckungsstrecke (die Rollendistanz, innerhalb welcher eine Zuckung erfolgt,) kann ebenso ab- und zunehmen, wie die Tetanusstrecke.

Zum ersten Male wird durch diese Versuche somit der thatsächliche Beweis geliefert für die sowohl von Pflüger als von Hermann aus ihren Theorieen abgeleiteten Folgerungen, dass ein durch Polarisation erregbarer gewordener Nerv nicht einem gestärkten, sondern einem geschwächten Nerven gleicht, dass der Katelectrotonus also erschöpfend auf den Nerven wirkt. Nach der Hermann'schen Anschauung könnte man annehmen, dass der synthetische Restitutionsprocess bei der enormen Beschleunigung der Spaltung nicht schnell genug neues Spaltungsmaterial herbeischaffe.

---

[18]) Die Zuckung kann immer noch aus einer Reihe von Einzelzuckungen bestehen, das lässt sich durch das Gesicht einfach nicht entscheiden. Es hiesse also correcter, die Contraction dauert nicht an, es kommt nicht mehr zum Tetanus.

Das Abklingen des Katelectrotonus anlangend, so correspondirt auch hier nicht immer die Stärke der Modification mit der Stärke des vorhergegangenen Katelectrotonus. Auch hier zeigte die Modification viele Variationen.

Constant war die negative Modification meist im Momente der Oeffnung auftretend. Nur zweimal überdauerte der Katelectrotonus die Oeffnung um cr. 1 Minute, einmal um $2^1/_2$ Minuten und dann erst trat die negative Modification ein.

In den meisten Fällen drückte die negative Modification auch einen negativen Zuwachs aus,[19]) in wenigen zeigte sie jedoch sicher positiven Zuwachs. Ich betone wieder sicher, denn auch hier mischt sich die positive Modification durch den Inductionsstrom sehr störend in die Bestimmung. Nicht jeder im Momente der Oeffnung den maximalen Rollenabstand vor der Polarisation um einige Millimeter übersteigende Zuwachs darf als positiv verzeichnet werden, es kann ein schwacher negativer Zuwachs sehr wohl durch eine starke positive Modification des Inductionstromes verdeckt werden.

Der primären Herabsetzung folgte dann in den meisten Fällen eine meist momentane Steigerung, während welcher meist positiver Zuwachs herrschte, ächter und wahrscheinlich auch unächter durch den Inductionsstrom. In einer geringeren Quote der Fälle blieb der Zuwachs auch während dieses Stadiums negativ.

Der Steigerung folgte dann fast immer wieder ziemlich schnell eine Herabsetzung. In dieser war nur bei sehr wenigen Versuchen der Zuwachs noch deutlich positiv, in bei weitem den meisten war er negativ.

Es überwiegt mithin im Allgemeinen der negative Zuwachs während der Modification.

Einmal hatten die Contractionen während der Modification den Character der von der anelectrotonischen Strecke ausgelösten, bei demselben Rollenabstande bald sehr schwache, bald sehr starke Contraction.

Die Criterien des Katelectrotonus am Menschen sind demnach:

Rapide sich entwickelnder positiver Zuwachs (nicht jeder positive Zuwachs bedeutet Katelectrotonus) und — auch hier als das sicherste Moment — negative Modification, mag sie negativen oder positiven Zuwachs geben.

Auch hier stimmen im Allgemeinen die Erscheinungen während der Polarisation mit dem physiologischen Experiment, fast gar nicht die der Modification.

---

[19]) Auch hier sind die Eulenburg'schen Angaben zu corrigiren, er wird dann auch seine therapeutischen Rathschläge ändern müssen.

Die Abweichung des Froschischiadicus von dem menschlichen Median- und Ulnarnerven im An- wie im Katelectrotonus betrifft also wesentlich die Modification. Sieht man von den unverständlichen Sprüngen der Modification unmittelbar nach der Oeffnung ab — man kann wohl die Molecularhemmung sich vor- und rückwärts schieben lassen, das erklärt doch aber nichts — und concedirt man individuelle Differenzen in der oxydativen Synthese des Spaltungsmaterials und in der Spaltungsgeschwindigkeit, so lehren die Electrotonusversuche — wie sie bis jetzt sich präsentiren — weiter nichts, als dass der menschliche Nerv trotz seines Zusammenhanges mit dem lebenden Centralorgan, trotz ungestörter Circulatiou erschöpfbarer ist als der vom Centrum getrennte und der Circulation beraubte Froschnerv.

So einfach ist die Differenz jedoch nicht, die grössere Erschöpfbarkeit dürfte doch nicht der alleinige Vorzug des menschlichen Nerven sein, oder wäre er gar direct mangelhafter construirt als der herauspräparirte Froschischiadicus? Ich habe bisher verschwiegen, da es mir zuerst darauf ankam, die Erscheinungen des An- und Katelectrotonus, wie ich sie am Menschen gefunden hatte, rein darzulegen, ich habe die Paradoxie verschwiegen, dass ich den Anelectrotonus nicht nur hinter dem aufsteigenden, sondern auch vor dem absteigenden Strome beobachtet habe und umgekehrt den Katelectrotonus nicht nur vor dem absteigenden, sondern auch hinter dem aufsteigenden Strome — und das gar nicht selten — ich habe verschwiegen, dass ich während der Polarisation einen Umsprung des Kat- in den Anelectrotonus und umgekehrt des An- in den Katelectrotonus gesehen habe oder ein so unregelmässiges Schwanken, dass mir in jedem Augenblick eine andere electrotonische Phase vorzuliegen schien, ich habe noch nicht erwähnt, dass manche Individuen auf Kat- oder Anelectrotonus gar nicht anzusprechen scheinen und dass Alles das am kranken Nerven sich etwas anders zu verhalten scheint, als am gesunden. Doch will ich der Discussion der Paradoxien die noch restirenden Versuche erst vorausschicken.

Von den oben angeführten 53 Anelectrotonusversuchen sind 51 hinter dem aufsteigenden, 2 vor dem absteigenden Strome erhalten.

Von den 32 Katelectrotonusversuchen 20 vor dem absteigenden und 12 hinter dem aufsteigenden Strome.

Die noch restirenden Versuche vertheilen sich auf folgende Weise:

# Vor dem absteigenden Strome.

| l. Med. | l. Ulnaris. | r. Med. | l. Ulnaris. | l. Ulnaris.[20] |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. cr. 3° | 20 El. k. NA. | 40 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 30 El. k. NA. |
| C.-M. 162 | C.-M. 145 | C.-M. 151 | C.-M 162 | C.-M. 158 |
| U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. 155 | U. n. S. 166 | U. n. S. 165 |
| ½ 166 | ½ 152 | ½ 153 | bald schnell ab- | ¾ 153 |
| 1 160 | 1 154 | 1 150 | fallend auf | 1½ 142 |
| 2 143 | 1½ 156 | 2½ 142 | 1 156 | 2¼ 147 |
| 3 144 | Jetzt plötzliches | 1½ 145 | 1½ 154 | 3 148 |
| Oeffnung 144 | Sinken auf 146 | 2 144 | 3 156 | 4 154 |
| noch ¼ 144 | 2¾-4 144 | 2¾ 148 | Oeffnung 156 | Oeffnung 154 |
| dann schnell | 5 147 | 4 145 | ¼ noch 156 | u. n. 148 |
| auf 160 | 6 146 | Oeffnung 145 | jetzt plötzlich | bald 159 |
| jetzt allmälig | Oeffnung 150 | Bald allm. St. | St. auf 163 | 1¼ 150 |
| Abfall 1 155 | 1 149 | auf ¼ 148 | u. n. 156 | u. n. 155 |
| 1½ 152 | 3 146 | ¾ 145 | 2 152 | schwankt |
| 2 159 | 3½ 155 | schwankt | 2½ 158 | zwischen |
| 3 167 | 5 142 | zwischen | 2¾-3 162 | 155 u. 162 |
| 4 157 | Abn. 142 | 146 u. 155 | Dr. n. g. | Dr. n. g. |
| Abn. 189 | bald 163 | 4 155 | | |
| gl. d. 147 | fällt allm. auf | Abn. 152 | | |
| | 146 | bald 166 | | |
| | | 1 175 | | |
| | | 1¾ 160 | | |
| | | 2 168 | | |

| l. Med. | l. Med. | l. Med. | l. Ulnaris. | r. Med. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 20 El. 5° | 20 El. 5° | 30 El. k. NA. | 40 El. k. NA. |
| C.-M. 156 | C.-M. 180 | C.-M. 130 | C.-M. 135 | C.-M. 120 |
| U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. 135 |
| 1 153 | 2 184 | 2½ noch 130 | Nach 4 M. 135 | bald 133 |
| 2 150 | Nach 3¾ plötz- | 4 137 | Oeffnung 135 | 1 128 |
| 3. 4 152 | liches Fallen | bald 130 | 2 135 | 1½-2 129 |
| 5 153 | auf 144 | 5 134 | Abn. k. Ae. | Oeffnung 124 |
| Oeffnung 142 | 4½ 159 | Oeffnung 134 | | Nach 2 129 |
| 1 146 | 6 152 | bleibt so 3 M. | l. Ulnaris. | Ab. k. Ae. |
| 3 149 | Oeffnung 143 | Dr. n. g. | 20 El. k. NA. | |
| 4 153 | 1 145 | | C.-M. 145 | r. Med. |
| 5 159 | 2 169 | | U. n. S. k. Ae. | 30 El. k. NA. |
| steigt bis 10 | jetzt allm. St. | | Nach 3 145 | C.-M. 131 |
| auf 164 | 5 184 | | Oeffnung 141 | U. n. S. 128 |
| Dr. n. g. | Dr. k. Ae. | | bald 148 | bald 131 |
| | | | 1 142 | 1. 2 129 |
| | | | 3 noch 142 | 2½ 128 |
| | | | Ab. k. Ae. | 3 127 |
| | | | | Oeffnung 127 |
| | | | | 1 227 |
| | | | | n. w. g. |

[20]) Die Contractionen hatten hier oft den Charakter der ächt katelectrotonischen. Bei einem gewissen Rollenabstande nur Zuckung, wurde die Rollendistanz verkleinert, Tetanus.

Ausserdem folgten hier zuweilen der Unterbrechung der Reizung unmittelbar oder erst später einzelne Zuckungen in unregelmässigen Intervallen.

# Hinter dem aufsteigenden Strome.

| r. Med. | l. Med. | l. Med. | l. Ulnaris. | l. Med. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 30 El. 5° | 20 El. 5° | 30 El. cr. 10° | 20 El. 5° |
| C.-M. 159 | C.-M. 146 | C.-M. 179 | C.-M. 149 | C.-M. 135 |
| U. n. S. 164 | U. n. S. St. | U. n. S. St. | U. n. S. bei | U. n. S. 137 |
| 1 163 | 1 168 | 1 187 | 149 k. Contr. | 1½ 132 |
| 1½ 165 | 2 160 | 2. 3 176 | Bald rap. St. | 2. 3 128 |
| 2 167 | 3–5 147 | 4. 5 172 | ¼ 190 | 4 126 |
| 3 164 | Oeffnung 157 | Oeffnung 190 | u. n. H. | 5. 6 125 |
| 4 151 | 1 157 | 2 198 | auf 130 | Oeffnung 129 |
| 5–8 151 | 2 162 | 4 203 | bald 124 | bald 124 |
| Oeffnung 184 | 3. 4 168 | Dr. k. Ae. | bald 127 | schwankt |
| u. n. 167 | 5 161 | | Oeffng. St. n. g. | zwischen |
| 1 172 | Abn. 167 | | u. n. 135 | 124 u. 137 |
| bald 162 | | | Abn. k. Ae. | Ab. k. Ae. |
| 2 167 | | | bald 142 | |
| 3 170 | | | | |
| Abn. 165 | | | | |
| bald 172 | | | | |

| l. Ulnaris. | l. Med. | r. Med.*) | l. Ulnaris. | l. Med. |
|---|---|---|---|---|
| 30 El. k. NA. | 30 El. 10° | 20 El. k. NA. | 20 El. k. NA. | 20 El. k. NA. |
| C.-M. 149 | schwankend | C.-M. 168 | C.-M. 141 | C.-M. 155 |
| U. n. S. St. | C.-M. 147 | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. k. Ae. | U. n. S. H. |
| 3 260 | U. n. S. St. | 1 166 | 1 140 | 1. 2 137 |
| 4. 5 149 | 2 Zuckungen | 3¼ 168 | 2 141 | dann plötzl. St. |
| Oeffnung 160 | bis zu 202 | 3½ 167 | 3 137 | 3. 4 168 |
| 2 160 | Tetan. Contr. | Oeffnung 151 | 4 allmähl. | 5. 6 183 |
| Abn. 173 | bei 172 | 1½ 162 | auf 149 | Oeffnung 144 |
| | 4–7 schwank. | 1 165 | Oeffnung 141 | 5 noch 144 |
| | zwischen | 2 172 | 1 146 | Dr. n. g. |
| | 163 u. 155 | 3. 4 170 | 2. 4 143 | |
| | Oeffnung allm. | Abn. 176 | | |
| | auf 175 ge- | 1 180 | | |
| | stiegen | 2 171 | | |
| | u. n. 157 | 3 175 | | |
| | n. w. g. | | | |

| r. Ulnaris. | l. Ulnaris. | r. Med. | l. Ulnaris. | r. Ulnaris. |
|---|---|---|---|---|
| 20 El. k. NA. | 30 El. 10° | 20 El. 5° | 20 El. 5° | 20 El. k. NA. |
| C.-M. 212 | C.-M. 152 | C.-M. 145 | C.-M. 130 | C.-M. 152 |
| U. n. S. H. | U. n. S. H. | U. n. S. 135 | U. n. S. 150 | U. n. S. 159 |
| 1 160 | ¾ 132 | 1 127 | 2 135 | ¾ 152 |
| 2 168 | 1½ 132 | 1¾ 150 | 3 144 | 1½ 159 |
| 3 117 | 2 137 | 2½ 175 | 4 133 | 1¾ 160 |
| 4 204 | Jetzt plötzlich | 3¼ 161 | 5 112 | 2½ beginnt |
| 5 213 | gestiegen auf | 3½ 180 | Jetzt rasch. | ein Tetanus, der |
| Oeffnung 213 | 3 174 | 4 170 | Anst. 132 | nach Oeffnung u. |
| 4 noch 213 | 4 164 | 4¼ 155 | bald 140 | Abnahme cr. |
| Ab. k. Ae. | 5 168 | 4½ 165 | Oeffnung 140 | 1 M. fortdauert, |
| | 6 163 | Oeffnung 135 | noch 5 140 | nach ½ M. spon- |
| | Oeffnung 163 | 1¾ 122 | Ab. 134 | tan von Neuem |
| | 2 164 | 2½ 130 | | sich wiederholt. |
| | Dr. k. Ae. | 3 140 | | |
| | | 3¾ 131 | | |
| | | Dr. n. g. | | |

*) Auch hier zeigten die Contractionen den ächt katelectrotonischen Charakter.

Auf den ersten Augenblick scheinen die Resultate völlig verwirrt und ohne jede Gesetzmässigkeit. Durchmustert man sie aber genauer, so lassen sie sich doch — freilich etwas gekünstelt — unter allgemeinere Schemen bringen. Sie zeigen

1. Einen Umsprung des An- in den Katelectrotonus und umgekehrt des Kat- in den Anelectrotonus.
2. Eine eigenthümliche Form des Katelectrotonus,
3. Ein Nichtanschlagen des Katelectrotonus,
4. Den Ausfall der Modification nach An- und Katelectrotonus.

Den Umsprung des Kat- in den Anelectrotonus habe ich sowohl vor dem abst., als hinter dem aufst. Strome beobachtet. — (Bei einigen Versuchen ist die Erhöhung nach dem Kettenschluss so unbedeutend, dass es willkürlich erscheinen mag, sie als Ausdruck des Katelectrotonus zu betrachten. Indess sie entwickelte sich stets in katelectrotonischer Form und die Versuche begannen erst, nachdem die Electroden schon einige Zeit auf den Nerven sassen, sie kann also schwerlich eine Druckmodification sein.) (4 mal bei nervös gesunden vor dem abst. Str. — Die übrigen Male bei den verschiedensten Nervenkrankheiten (organisch Hirn- und Rückenmarkskranke. Hysterische u. s. w.)

Den Umsprung des An- in den Katelectrotonus sah ich nur 2 mal hinter dem aufst. Strome. (Bei einem Hemiplegischen an der nicht gelähmten Oberextremität und bei einer Hysterischen an einem anästhetischen Arme).

Die eigenthümliche Form des Katelectrotonus vindicire ich jenen Versuchen, bei welchen trotz gleichen oder selbst verkleinerten Rollenabstandes während der Polarisation die Contractionen zum Theil den exquisit katelectrotonischen Charakter trugen (Zuckungsstrecke) und bei denen constant mit der Oeffnung des Stromes negative Modification eintritt. (4 mal vor dem abst. Str., 1 mal bei einem nervös gesunden Jungen von 10 Jahren nach Wendung eines aufst. Str., 1 mal bei einer Hysterischen, 2 mal bei einem organisch Hirnkranken ohne Lähmung — hinter dem aufst. Str. 2 mal bei zwei abgelaufenen Myelitiden (Oberextremitäten motorisch und sensibel intact.)

Das Nichtanschlagen des Katelectrotonus habe ich nur an zwei Individuen beobachtet. (1 mal bei einer Hysterischen, 1 mal bei einem Individuum, das vorher oft an Quintus-Neuralgie gelitten, jetzt ab und zu Ohnmachtsanfälle hat. Bei demselben fand ich 2 mal hinter dem aufst. Str. bei minimalen Stromstärken sehr starken Anelectrotonus, vor dem abst. Str. 1 mal ebenfalls noch Anelectrotonus. Ob dieses Individuum constant für Katelectrotonus unempfänglich ist, bleibt dahingestellt, ich habe leider nur diese vier Versuche an ihm machen können). — Eine ähnliche Immunität gegen den Anelectrotonus habe ich nicht gefunden.

Die mangelnde Modification habe ich in fünf Versuchen gesehen (2 mal hinter dem aufst. Str. bei einer Hysterischen nach Katelectrotonus. Dieser war 1 mal während der Polarisation plötzlich

an Stelle des Anelectrotonus getreten, das andere Mal hatte er als Katelectrotonus begonnen, war dann in Anelectrotonus übergegangen und endete wieder als Katelectrotonus. — 1mal nach regulärem Anelectrotonus bei einem jener Myelitiker: Hier war der anfangs sehr stark entwickelte Anelectrotonus (— 52 Mm.) während der Polarisation gänzlich geschwunden, das Contractionsminimum erfolgte vor der Oeffnung bei demselben Rollenabstande, wie vor der Polarisation. — 2 mal an dem Medianus eines paretischen (hemiplegischen) Armes vor dem abst. Str. nach Kat- und Anelectrotonus).

Den letzten Satz gebe ich jedoch mit Reserve, denn es wäre denkbar, dass die electrotonischen Phasen noch während der Polarisation verschwinden und dass deshalb mit der Oeffnung keine Modification auftritt. Der positive Zuwachs vor der Oeffnung käme sodann auf Rechnung des Inductionsstromes.

Ungemein gespannt war ich, wie wohl eine Nervenstrecke, die z. B. eben hinter dem aufsteigenden Strome in Katelectrotonus verfallen war, sich dann verhielte, wenn jetzt plötzlich der Strom gewendet würde. Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass mit der Wendung des regulären[21]) Anelectrotonus Katelectrotonus kam und umgekehrt — ich hatte dies in vier Versuchen gesehen (2 mal Stromeswendung nach regulärem An- und 2mal nach regulärem Katelectrotonus[22]). — die Wendung geschah durch den Stromwender der Batterie bei feststehenden Electroden und immer erst mehrere Minuten nach der Oeffnung des früheren Stromes, um die Einmischung der Modifikation möglichst zu vermeiden — wartete ich auf paradoxe Phasen. Sie kamen, aber die Resultate waren nicht befriedigend. Zuerst bot sich ein Umsprung des Kat- in den Anelectrotonus vor dem abst. Str. bei einer Hysterischen dar. ich liess den Strom wenden und erhielt paradoxen Katelectrotonus. Dann kam ein paradoxer Anelectrotonus bei einem nervös gesunden, ich liess wenden und bekam regulären Anelectrotonus. Als ich dann noch auf einen regulären Anelectrotonus bei einem nervös gesunden Knaben mit der Stromeswendung die oben geschilderte, eigenthümliche Form des schwächlichen Katelectrotonus folgen sah, gab ich die weitere Untersuchung auf, sie drohte für jetzt wenigstens die Verwickelung nur noch zu steigern.

Hieran knüpfte sich aber ein neues Problem, das mich lange beschäftigte. Ich hatte so eben mit der Stromeswendung an Stelle eines paradoxen Anelectrotonus den regulären auftreten sehen, was

---

[21]) Mit „regulär" will ich den Anelectrotonus hinter dem aufst. Str., den Katelectonus vor dem abst. Str. bezeichnen, mit „paradox" den Anelectrotonus vor dem abst., den Katelectrotonus hinter dem aufst. Str.

[22]) Eine relativ gesteigerte Intensität der Phasen nach der Stromeswendung habe ich nicht beobachtet. Doch will ich dies keineswegs für den menschlichen Nerven als Regel hinstellen. Ebenso wenig möchte ich behaupten, dass stets mit der Wendung einer regulären Phase die reguläre entgegengesetzte eintrete.

war inzwischen in der extrapolaren centralen Strecke geschehen? Herrschte dort beide Male Katelectrotonus? Bot die centrale extrapolare Strecke auch bei paradoxen Phasen der peripheren die der peripheren entgegengesetzte Erregbarkeitsänderung, ja entsprach denn überhaupt jeder regulären Phase in der peripheren Strecke die entgegengesetzte reguläre in der centralen?

Pflüger war es freilich sehr wahrscheinlich geworden, dass mit jeder Stromesschliessung ebenso nothwendig beide Arten des Electrotonus auftreten müssten, wie bei der Electrolyse eines Salzes Säure und Basis. Aber wo eine Paradoxe sich zeigt, ist auch eine andere möglich, dachte ich.

Zur Entscheidung dieser Fragen mussten periphere und centrale Strecke gleichzeitig während der Polarisation und Modification untersucht werden. Ich liess daher den in die negative Klemme des Inductionsapparates eingeschraubten Leitungsdraht in zwei Arme spalten und führte jeden zu einer Electrode mit Unterbrecher. Ich wollte sodann die eine dieser Electroden unterhalb, die andere oberhalb der polarisirenden Electroden auf den Nerven aufsetzen, für jede Stelle das Contractionsminimum vor der Polarisation bestimmen und durch abwechselndes Niederschnappen der Unterbrecher während der Polarisation und Modification die Erregbarkeitsänderungen beider Nervenstrecken gleichzeitig prüfen.

Die Abnahme und Umkehr des positiven Zuckungszuwachses vor dem aufsteigenden Strome wollte ich durch Anwendung schwacher Ströme vermeiden. — Dagegen mussten bei der Reizung der extrapolaren centralen Strecke — die positive Electrode des Inductionsstromes sollte am Vorderarme sitzen — Stromschleifen in die intrapolare und periphere extrapolare hineinbrechen, und die Versuche durften daher nicht eher angestellt werden, bis die Wirkung dieser Stromesschleifen erkannt war. Aber grade als ich im Begriff war, die Controlversuche zu beginnen, musste ich die Experimente einstellen. — Das Problem bleibt daher unentschieden.

Ich wende mich jetzt zur Discussion der Paradoxien. Widersinnig wäre der Versuch, diametral entgegengesetzte Resultate bei der Einwirkung gleicher Kräfte auf gleiche Objecte erklären zu wollen. Und das wird scheinbar hier verlangt. Der constante Strom den Nerven durchfliessend, soll einmal vor der negativen Electrode die Erregbarkeit erhöhen, das andre Mal herabsetzen und umgekehrt hinter dem positiven Pole die Erregbarkeit bald herabsetzen, bald erhöhen.

Die Paradoxie kann nur gehoben werden, wenn einer der Factoren keine Constante ist, wenn entweder die Wirkung des Stromes nicht immer in gleichem Sinne erfolgt, oder wenn der Nerv nicht immer derselbe ist. Sonst ist die Lösung in der That absolut unmöglich.

Unzweifelhaft wird bereits in jedem der Verdacht aufgetauch

sein, dass es sich hier nur um Fehlerquellen handle und dass mit der Erb'schen Erklärung Alles abgethan sei. Auch ich zweifelte keinen Augenblick daran, als sich die erste parodoxe Phase zeigte. Obgleich die Revision der Versuchsanordnung keine Unregelmässigkeit ergab, glaubte ich doch, es hätte sich ein Fehler eingeschlichen, wenn ich ihn auch nicht sogleich entdecken konnte. Wie erstaunte ich aber, als immer von Neuem parodoxe Phasen sich einstellten, und ziemlich zahlreich; die Versuche waren doch alle nach demselben Schema gemacht, die Länge der intrapolaren Strecke war immer dieselbe, die Entfernung der Reizelectrode von der polarisirenden variirte höchstens um 1—2 Linien, der Reiz war derselbe u. s. w. Die paradoxen Phasen kamen bei dicker und dünner Cutis, bei schwachem und starkem Panniculus — aber trotzdem konnte ich mich des Gedankens nicht entschlagen, dass doch nur Fehler die Ursache seien, die Resultate schienen ja physiologisch unmöglich.

Auf der andern Seite wurde die Ueberzeugung, dass der Nerv der constante Factor sei, von Tag zu Tag mehr erschüttert. So lange die Phasen einfach paradox blieben, Kat- statt Anelectrotonus und An- statt Katelectrotonus sich zeigte, konnte die Erb'sche Erklärung doch noch geltend gemacht werden, sonderbar wäre es immerhin gewesen, dass in den meisten Versuchen sich dann reguläre Phasen zeigten. So wie ich aber einen deutlichen Umsprung der Phasen während der Polarisation beobachtet hatte, sowie ich nach der Wendung eines paradoxen Anelectrotonus bei feststehenden Electroden einen regulären kommen sah, durfte ich die Möglichkeit einer Inconstanz des Nerven nicht mehr abweisen, für sie reichte die Erb'sche Erklärung nicht mehr aus.

Aber mit Nothwendigkeit wurde ich zur Annahme der Inconstanz der Nervenmaterie gebracht durch das differente Verhalten kranker und gesunder Nerven.

Von den 112 Versuchen sind 45 an nervös gesunden, 67 an nervenkranken Individuen angestellt. Nun fallen von den 42 paradoxen Resultaten 9 auf gesunde Nerven und 34 auf kranke.

Ich denke die Zahlen sind frappant genug, oder sollte mich hier ein tückischer Zufall täuschen?

11 an einem hystero-epileptischen Frauenzimmer angestellte Versuche haben 3 Mal regulären Anelectrotonus gegeben, 3 Mal paradoxen Katelectrotonus, je 1 Umsprung eines paradoxen Kat- in Anelectrotonus und eines regulären An- in Katelectrotonus, 1 Katelectrotonus schlug nicht an, 2 Mal fehlte die Modification nach einem an sich schon irregulären Katelectrotonus.

7 Versuche an einem Hemiplegiker ergaben: An dem Median- und Ulnarnerven der nicht gelähmten Seite 1 regulären Anelectrotonus, 2 Mal paradoxen Katelectrotonus, 2 Mal Umprung des paradoxen Kat- in Anelectrotonus, an dem Medicanus des paretischen

Armes 1 regulären Katelectrotonus ohne Modification und 1 paradoxen Anelectrotonus ohne Modification.

An einem andern organisch Hirnkranken ohne Lähmung gaben 3 Versuche: 1 Umsprung des paradoxen Kat- in Anelectrotonus und 2 mal die schwächliche Form des Katelectrotonus vor dem absteigenden Strome. — Während unter 20 Versuchen an einem nervös gesunden, sonst phtisischen Individuum nur 2 paradoxen Katelectrotonus und 1 Umsprung eines regulären Kat- in Anelectrotonus ergaben.

Dass die Anomalien sich auch an gesunden Nerven äussern, ist nichts Wunderbares, denn wo hört das physiologische Leben im Nervensystem auf, wo fängt das pathologische an?

Kann der nervös Gesunde momentan eine atactische Bewegung machen, können in ihm momentan Hallucinationen, Grössenideen auftauchen ganz wie bei einem Tabetiker, einem Deliranten, einem Paralytiker, warum sollte dann der Medianus und Ulnaris bei einem vervös gesunden nicht zeitweise ebenso gestimmt sein können, wie bei einer Hysterischen, einem Epileptischen, einem organisch Hirn- oder Rückenmarkskranken?

An dem präparirten Froschischiadicus sind jene Paradoxien nicht beobachtet, der Electrotonus schlug manchmal nur nicht an. Du Bois-Reymond berichtet, dass trotz des erregenden Stromes die electrotonischen Phasen am Multiplicator zuweilen nicht erscheinen, er schreibt diese Besonderheiten eigenthümlichen Anwandlungen des Nerven zu. Ebenso beobachtete Pflüger, als bei der Prüfung der Abhängigkeit der Stärke des aufsteigenden extrapolaren Katelectrotonus von der Entfernung der negativen Electrode mit Hülfe der Methode der Verschiebung der dem polarisirenden Strome angehörenden Electroden der polarisirende Strom durch eine Stelle des Ischiadicus floss, welche ungefähr dem Abgange der Oberschenkeläste entsprach, ein Nichtanschlagen des Nerven auf Katelectrotonus, während augenblicklich wieder mächtiger Katelectrotonus vorhanden war, so wie er den Nerven nur um einige Millimeter nach oben oder unten verrückte. „Was aber (sein) Befremden noch mehr vermehrte, war, dass (er) später, als (er) genauer jene ausgezeichnete Stelle untersuchen wollte, die Erscheinung nicht mehr deutlich darzustellen vermochte."

Sonst bot der präparirte Ischiadicus nichts Abnormes.

Dagegen zeigte der Ischiadicus im Froschkörper selbst auf electrotonische Phasen untersucht Anomalien, die mit den an den menschlichen Median- und Ulnarnerven aufgefundenen in vielen Punkten unverkennbar übereinstimmen. Die Untersuchung rührt von Valentin her [23]). Der Frosch war bis auf Zerstörung des

[23]) In Betreff der sehr complicirten Untersuchungsmethode muss ich auf das Original verweisen.

Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven u. Muskels. Leipzig u. Heidelberg 1863.

Gehirns intact, der polarisirende wie der prüfende Strom wurde durch amalgamirte Nadeln zugeleitet, die in den Oberschenkel eingestochen waren.

Reizung des Ischiadicus vermittelst des Magnetelectromotors ergab sehr häufig Herabsetzung der Erregbarkeit in der extrapolaren katelectrotonischen Strecke, Erhöhung in der extrapolaren anelectrotonischen. Bisweilen fand er gleiche Resultate in der intrapolaren Strecke. Aehnlich wirkte die Reizung mit einem einzelnen Inductionsschlage.

Viel seltener entsprach der Erfolg der mit Inductionsströmen ausgeführten Reizung dem bei Reizung mit hydroelectrischen Strömen beobachteten Verhalten. Hier ist bei grossen, kräftigen Fröschen die Erregbarkeit sowohl in der katelectrotonischen, wie in der anelectrotonischen Strecke oft erhöht,[24]) nur mittelgrosse, minder kräftige Frösche geben in der Regel Erhöhung in der extrapolaren katelectrotonischen Strecke, Herabsetzung in der extrapolaren anelectrotonischen, wie der präparirte Ischiadicus.

Durch electrische Erregung misshandelte Nerven zeigen in seltenen Fällen eine Erhöhung nur dann, wenn der prüfende Strom dem electrotonisirenden gleich gerichtet ist, Erniedrigung bei entgegengesetzer Richtung beider Ströme.

Jetzt kann wohl kaum noch der leiseste Zweifel herrschen, dass der Nerv die Variable bildet. Warum keine dieser Variationen auch am präparirten Froschischiadicus sich zeigt — (vielleicht gehört das Nichtanschlagen des Electrotonus hierher) — warum sie bei kranken Nerven viel häufiger auftreten, als bei gesunden, ist eine jetzt nicht zu erledigende Frage.

Aber wie wird mit der Voraussetzung der Inconstanz des Nerven die Paradoxie beseitigt?

Jedenfalls nicht durch die Phrase centrale Innervation und am allerwenigsten durch die vermittelst der centralen Innervation vielleicht bedingte Aenderung des Nervenstromes, wie sie Erb zuerst vermuthete. Einmal ist von einer parelectronomischen Wirkung des Rückenmarks nichts bekannt; war es ihm aber um eine Umkehr des Nervenstromes zu thun, so hätte er diese sehr wohl aus Misshandlung des Nerven durch Druck und tetanisirende Inductionsströme entstehen lassen können. Denn du Bois-Reymond hat ja gezeigt, dass Quetschung, Austrocknung, chemische Zerstörung, Tetanisation mit starken Strömen, Annäherung des glühenden Kupferbolzens an die ausserhalb der Bäusche befindliche Nervenportion oft Umkehr des Nervenstromes erzeugt. Aber was konnte ihm diese Umkehr helfen? Nach du Bois ist der

---

[24]) Hätte ich die Valentin'schen Resultate eher gekannt — ich lernte die Arbeit leider erst sehr spät kennen, als ich meine Versuche schon eingestellt hatte — so würde ich von vorn herein gleichzeitig centrale und periphere extrapolare Strecke geprüft haben.

Nerv in diesem Zustande für säulenartige Polarisation empfänglich und der Zuwachs entspricht der Richtung des erregenden Stromes.

Wir brauchen nicht den räthselhaften Einfluss centraler Innervation, uns genügt der Nervenstamm und das chemiche Verhalten seines Querschnitts.

Zunächst beachte man die Bahn der Stromescurven im Körper. Wenn ich einen Strom aufsteigend durch eine Medianusstrecke schicke, die Electroden auf die Haut applicirend, so wird die hinter der positiven Electrode liegende Medianstrecke von einem Bündel absteigender Stromesfäden durchflossen, und umgekehrt wird bei einem absteigenden Strome die vor der Kathode liegende Medianstrecke von einem Bündel aufsteigender Stromesfäden durchflossen. Mit dem Kettenschlusse beginnt so in jedem Nervenquerschnitt gleichsam ein Kampf beider Phasen, die schwächere wird durch eine entsprechende Quote der stärkeren vernichtet, das jetzt noch restirende Plus der stärkeren Phase kommt allein zum Ausdruck. Das Contractionsminimum drückt also nie den vollen Werth eines kat- oder anelectrotonischen Zuwachses aus, sondern immer nur eine Quote, denn ein Theil des positiven Zuwachses, z. B. vor einem absteigenden Strom, wird durch den von der aufsteigenden Stromescurve entwickelten negativen Zuwachs paralysirt.

In der Regel überwiegt die reguläre Phase, weil in der intrapolaren Strecke als der geraden Verbindungslinie beider Electroden die Stromstärke am grössten ist.

Nimmt man nun an,[25]) dass Beschleunigung und Verlangsamung des Spaltungsprozesses im Nerven, mithin Steigerung und Herabsetzung der Erregbarkeit, nur eine gewisse Höhe erreichen können, dass diese Grenze eine sehr variable, wenn man will, meist nur in pathologischen Nerven zwischen beträchtlichen Werthen schwankt, und zieht man die Consequenz, dass Beschleunigung des Spaltungsprozesses bis zum höchsten Werthe die Spaltungsverlangsamung sehr begünstigt und umgekehrt die Herabdrückung der Spaltung bis zum tiefsten Werthe die Spaltungsbeschleinigung, so hört alle Paradoxie auf.

Denn ist der Spaltungsprozess vor der Polarisation schon bis zum höchsten Werthe beschleunigt oder ist er dem Grenzwerthe nahe, so wird jetzt ein absteigender Strom in der peripheren extra-

---

[25]) Ich bekenne offen, dass ich die folgende Erklärung und Schlussfolgerung mit einiger Zaghaftigkeit gebe, denn ich weiss wohl, dass es äusserst misslich ist, zu einer an sich schon kühnen Hypothese noch neue Annahmen hinzuzufügen, die allein den Thatsachen entnommen sind, die sie erklären sollen.

Ich bemerke ferner ausdrücklich, dass ich damit, dass ich das Räsonnement im Sinne der Hermann'schen Theorie gehalten, nur die Richtigkeit des ihr zu Grunde liegenden chemischen Principes anerkenne, von dem völlig hypothetischen Spaltungsprocesse der Nervenmaterie aber vollständig abstrahire. Der von Hermann gebrauchten Ausdrücke bediene ich mich jedoch, weil man den chemischen Vorgang bis auf Weiteres sich allenfalls so vorstellen kann und weil eine andre Vorstellung bis jetzt nicht existirt.

polaren Strecke Anelectrotonus geben; die intrapolare Strecke wird nicht recht anschlagen, die aufsteigende Stromescurve in der extrapolaren Strecke wird die Spaltung stark verlangsamen, sie wird die stärkere Phase, und wir erhalten negativen Zuwachs. Ist umgekehrt der Spaltungsprozess vor der Polarisation bis zum tiefsten Werthe herabgedrückt oder dem Grenzwerthe nahe, so wird ein aufsteigender Strom Katelectrotonus geben, die absteigende Stromescurve in der extrapolaren Strecke wird die Spaltung stark beschleunigen, sie wird die stärkere Phase und wir erhalten positiven Zuwachs.

Bemerkenswerth ist, dass von jenen 9 katelectrotonischen Phasen mit excessiv gesteigerter Erregbarkeit (Zuckungsstrecke) 8 hinter dem aufsteigenden Strome eintraten und nur 1 vor dem absteigenden, letztere bei einem nervös gesunden, der in 4 unmittelbar nach einander angestellten Versuchen an beiden Median- und Ulnarnerven 2 mal sehr starken regulären Katelectrotonus gab, darunter eben den einen excessiven, 1 mal regulären Anelectrotonus — nur aus der Modification erkennbar mit einem positiven Zuwachse (durch den Inductionsstrom) von 15 Mm. — und 1 mal folgendes Resultat:

**r. Medianus.**
20 El. aufst. Str. 5°
**C.-M. 135**

| U. n. S. — | 4. 149 |
|---|---|
| $4^1/_4$ | 152 |
| 5 | 166 |
| 6 | 164 |
| **Oeffnung** | **St. n. g.** |
| U. n. | 150 |
| 1 | 145 |
| 2 | 150 |
| 3 | 155 |
| 4 | 142 |
| Abn. | 155 |
| 1 | 160 |

Ich habe den Versuch bisher nicht mitgetheilt, weil er schwer unterzubringen war, ich möchte ihn am ehesten für einen kurz vor der Oeffnung erfolgten Umsprung des paradoxen Kat- in Anelectrotonus halten, nur so ist die positive Modification im Momente der Oeffnung verständlich. Von den 9 excessiven Katelectrotonusversuchen kommen 3 auf nervös gesunde, 3 auf einen Myelitiker, 1 auf einen Hemiplegischen an der nicht gelähmten Seite, 2 auf das hystero-epileptische Frauenzimmer.

Unter diesen Voraussetzungen[26]) erscheinen die Anomalien

[26]) Die Anomalien am Menschen sind wohl auch auf die verschiedene Wirkung des Druckes und der tetanisirenden Induktionsströme bei verschiedenen Spaltungsgeschwindigkeiten des Nerven zu beziehen.

nicht mehr paradox, sie wären durch Differenzen in der Spaltungsgeschwindigkeit der Nervenmaterie bedingt.

Jetzt fehlt nur noch die Sanction der Anomalien durch das physiologische Experiment an dem freigelegten, dem Organismus noch angehörigen Nerven. Bei den Valentin'schen Versuchen bilden die Weichgebilde noch Nebenschliessungen, da brechen Stromschleifen dem Hauptstrome entgegengerichtet in den Nerven und trüben die Resultate. Ergäbe auch das exacte Experiment an freigelegten Nerven ähnliche Abweichungen von den am galvanischen Froschpräparate ermittelten Gesetzen, dann erlangte der Electrotonus eine ungeahnte Bedeutung, wir könnten durch ihn die augenblickliche Stimmung des Nerven erkennen, denn Steigerung der Erregbarkeit hinter einem aufsteigenden Strome deutete auf stark verlangsamte Spaltung, Herabsetzung vor einem absteigenden, auf enorme Beschleunigung des Spaltungsprozesses.

Der Electrotonus wäre somit das Reagens für den Chemismus des lebenden Nervenquerschnitts.

# THESES.

1. Der nach Hirn und Rückenmark hingeleitete und von ihnen ausgelöste Innervationsvorgang ist mit dem durch künstliche Reizmittel an dem isolirten Nerven erzeugten im Wesentlichen identisch.

2. Die progressive Muskelatrophie ist keine genuine Muskelatrophie, sie resultirt aus einer Affection trophischer Nervencentra.

3. Steile positive oder negative Schwankungen in der arteriellen Blutfüllung des verlängerten Markes sind nicht die Erreger der eigentlich epileptischen Insulte.

4. Das regulatorische Centrum der Herzaction in der Medulla oblongata ist kein automatischer Apparat, sondern ein Reflexmechanismus.

---

Der Verfasser, geboren am 3. November 1844 zu Rogasen in der Provinz Posen, Jude, wurde zu Ostern 1864 vom Friedrich-Wilhelms-Gymnasium in Posen mit dem Zeugniss der Reife entlassen und auf der Universität Berlin immatriculirt. Im Juli 1866 bestand er das Tentamen physicum. Während seines Studiums wohnte er dem Unterricht folgender Lehrer bei: Du Bois-Reymond, Braun, Ebert, Frerichs, v. Graefe, Griesinger, Gruppe, Hotho, v. Langenbeck, Lieberkühn, Magnus, Martin, C. G. Mitscherlich, Reichert, Schneider, Traube, Trendelenburg, Virchow.

1119.